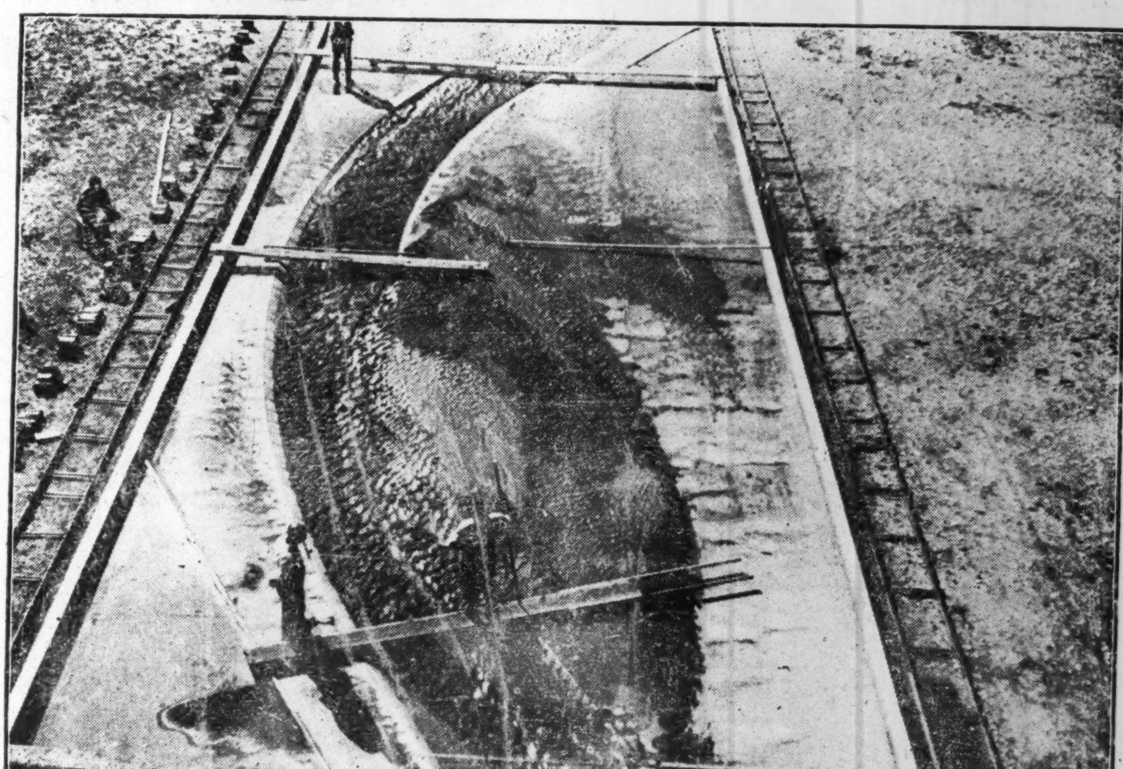
內政部登記證書警字第一二二三號
中華郵政特准掛號認為新聞紙類

水利

第八卷 第四期


恩格思教授黃河模型試驗（河床冲刷及灘地淤積情形）

中國水利工程學會發行

中華民國二十四年四月

中國水利工程學會

總幹事通訊處：　　杭州浙江水利局

出版委員會通訊處：　　南京梅園新村三十號

董事會

李儀祉	開封黃河水利委員會	張含英	開封黃河水利委員會
陳懋解	南京建設委員會	須　愷	南京導淮委員會
李書田	天津華北水利委員會	沈百先	鎮江江蘇建設廳
張自立	杭州浙江水利局	孫輔世	蘇州太湖流域水利委員會
汪胡楨	南京國府路梅園新村三十號	陳湛恩	南京全國經濟委員會
宋希尙	南京揚子江水道整理委員會	徐世大	天津華北水利委員會
周象賢	杭州市政府	彭濟羣	天津華北水利委員會
許心武	淮陰導淮入海工程處		

執行部

會長　李儀祉　　副會長　李書田　　總幹事　張自立

特種委員會

出版委員會	汪胡楨（委員長）	顧世楫	李儀祉	張含英	周鎮倫
職業介紹委員會	須　愷（委員長）	孫輔世	宋希尙	李書田	陳懋解
會員委員會	陳湛恩（委員長）	洪　紳	陳澤榮	徐世大	蕭開瀛
會所委員會	余籍傳（委員長）	汪胡楨	盧恩緒	林平一	沈百先
基金保管委員會	李儀祉（委員長）	張自立	孫輔世		

中心問題研究委員會

第一組	各地灌溉需水量	孫輔世（主任委員）
第二組	黃土渠渠槽之臨界速度	沈百先（主任委員）
第三組	民船運輸成本	陳懋解（主任委員）
第四組	水利建築之設計標準	李書田（主任委員）
第五組	各河流之洪水峯	張含英（主任委員）

啓新洋灰有限公司

製造 馬牌 塔牌 「坡德崙」洋灰

成色遠過英國新標準

特製 水利工程適用

抵抗海水 速凝 特種洋灰

工廠 河北唐山市

工廠 湖北大冶縣石灰窰

總事務所 營業部 天津法租界海大道

南部支店 上海北京路二百號

漢口支店 漢口法租界寶華里四號

南京辦事處 南京中山北路司法院對面

北平支店 北平前門外打磨廠大口北

新亨營造廠

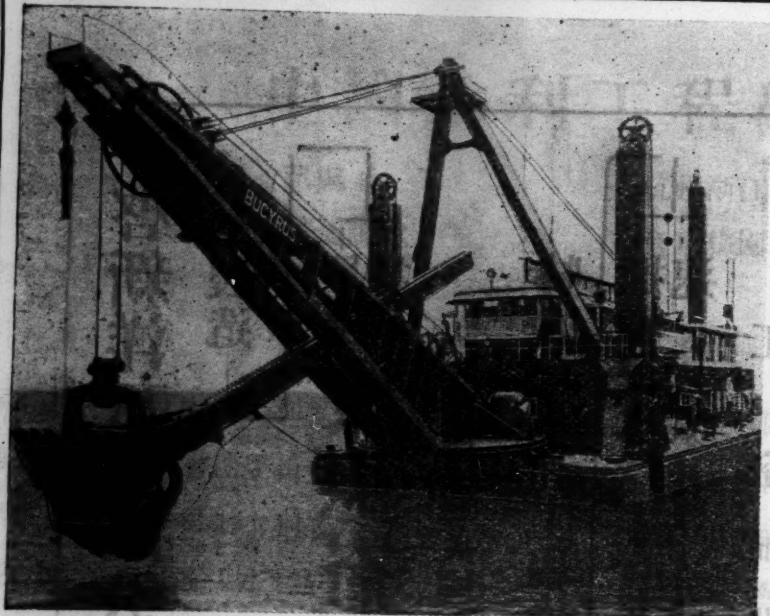
承造中西房屋

閘壩橋梁鐵道

碼頭大小鋼骨

水泥工程

廠址：上海南京



Steam
Diesel
Electric
Dredgers and
Excavators for
Every Purpose.
-OO-

BUCYRUS-ERIE

Sole Agents:

ARNHOTD &COMPANY LTD.

SHANGHAI

上海

西門子電機廠

本廠代表世界馳名之德國鋼鐵聯合公司承辦各種最優等鋼鐵材料並供給各種電機電器電料管子及著名賴生鋼板樁等

水利月刊

第八卷　第四期

中華民國二十四年四月

目　錄

本刊文責由著者自負

19 編輯者言（汪胡楨）…… 188

20 民國二十三年恩格思教授黃河試驗報告彙編 …… 190

1. 參加黃河試驗之經過（沈怡）…… 193

2. 1934年黃河試驗臨時報告（恩格思）…… 197

3. 託沈君怡至德國向恩格思質疑之點（李儀祉）…… 204

4. 恩格思覆李儀祉函 …… 207

5. 與恩格思教授論治河書一（沈怡）…… 211

6. 與恩格思教授論治河書二（沈怡）…… 214

7. 恩格思教授覆沈怡書 …… 215

8. 與恩格思教授論治河書（譚葆泰）…… 217

9. 恩格思教授覆譚葆泰書 …… 219

21 溫州小溪水力發電廠之研究（汪胡楨）…… 220

22 整理浙西湖漊平運河計劃之商榷（黃星穆）…… 226

23 船閘之計算法（方修斯原著　汪駿驥譯　余家洵校）…… 233

編輯者言

1. 本期揭載恩格思教授黃河試驗報告彙編之緣起,已詳於該文標題後之小引。此外更得沈君怡先生惠贈恩氏近影,及奧貝那赫模型試驗場照片,並爲刊印,使讀者旣得仰見丰采,復如身臨其境也。又本期付刊時恩氏正式報告亦已寄到,將由全國經濟委員會譯印爲單行本,惟略需時日故先刊布此編,以快先覩。

2. 吾國水力電事業,尙在極幼稚時代,以視東鄰及歐美諸國,誠有霄壤之別,然我國不欲振興工業則已,苟欲振興工業,則此極大利源,非開發不可也。惟說者動輒侈論三峽壺口之水力,實則發生水力而無其他工業上必須之條件以輔之,其意義亦不過如癡人說夢而已。以編者平日之觀察,吾國平均雨量以浙閩贛三省交界處爲最多,水之供給較易,且工業之原料甚富,閩浙濱海,交通較便,故吾人如欲建設水庫,發生水力電,當移其目光於此三省。造紙專家金君瀚因甌江上游產木之豐富,欲設新聞紙廠於溫州,並欲發展小溪水力,以供給所需原動力,已歷請專家研究小溪發電之可能性,復下問及余,不敢以不敏辭,爲草成溫州小溪水力發電廠之研究一文以就正,並以見此三省水力之一斑。參加計算者爲粟宗嵩薛履坦汪駿驤三君並於此誌感。

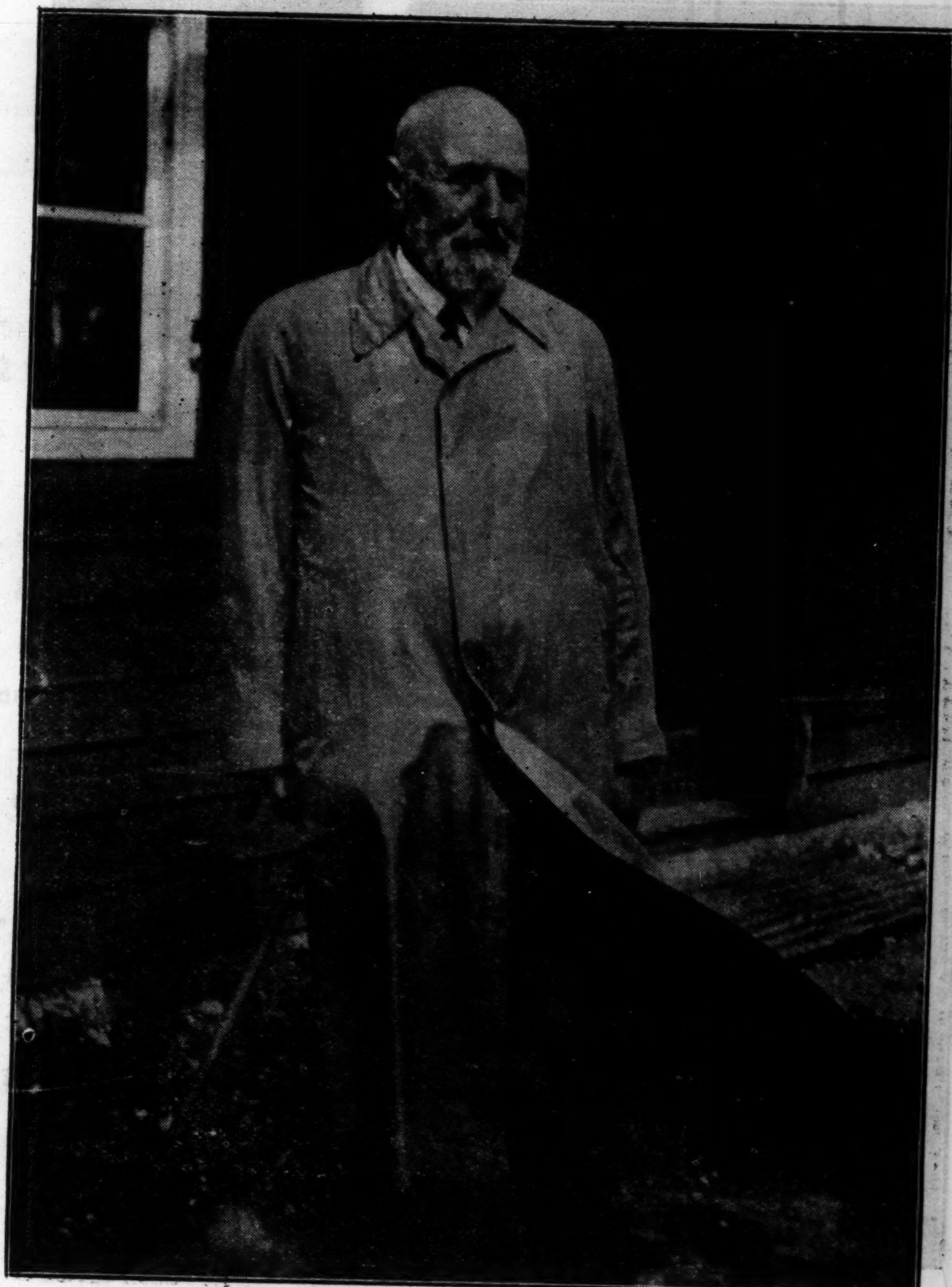
3. 昔時於浚河築隄等工程,每遣一略知丈量之人任意估計土方,其計畫之理由何在則不問也。此種工程余嘗名之曰無計畫之工程,國家歲耗於此類工程之經費,已不知其數矣。故深冀自今以後,非合理之工程不輕舉辦,而任何計畫均求其含有充分之理由。黃君於整理浙西湖溆平運河計劃,不敢掉以輕心,爲文以商兌,此亦力求理由充分之一表現也。

4. 方修斯先生對於航運工程,研究甚深,本刊旣已譯其所著船閘節省

水量方法發表以後,復請汪駿驤君譯出其所著船閘計算法,此篇因含義較深,故復請余君家洵詳加校改,以期其能信且達也。

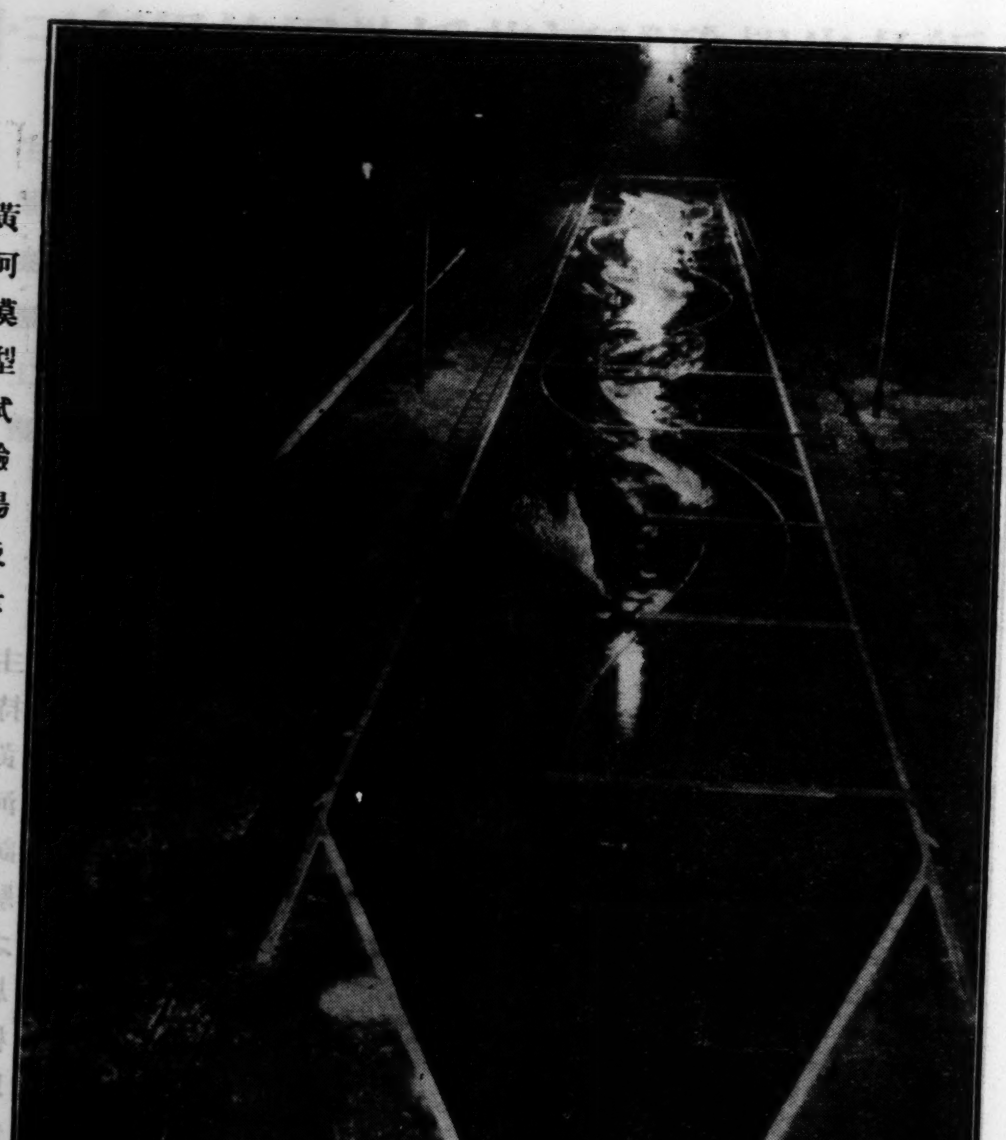
民國廿三年恩格思教授黃河試驗報告彙編

恩格思先生於民國二十一年曾作大模型黃河試驗於德國巴燕邦之奧貝那赫,闡明治河要理甚多。恩氏以八旬耄年猶不以此爲已足,復請於李儀祉秦景陽先生期作第二次試驗。旋經提請全國經濟委員會玉成其事,並派沈君怡先生前往參加。此次試驗始於民國二十三年六月十五日,畢工於是年十一月八日。茲將沈君怡先生參加試驗經過報告恩氏臨時報告暨來往討論函件等共九篇彙爲一編以公同好。



主持黃河試驗之恩格思教授

黃河模型試驗場夜景



(一)參加黃河試驗之經過

沈　怡

一　緣起

德國恩格思教授爲近代水利名家,對於河工試驗建樹甚多。一八九三年氏首創河工試驗室於德國德蘭詩頓,自是以後,各地水利學者競相仿效,對於河渠海港及造船工程,無不有鉅大之貢獻。惟此種試驗,大半均在室內舉行,雖成績卓著,但間有因模型比例過小,無法與自然界情形完全適合,致試驗結果不盡合用者。恩氏鑒於此項錯誤有矯正之必要,乃有「大模型試驗」之提倡,其目的在利用天然流水,就地設置試驗場,以解決水工上之各種問題。一九二六年德國明興水工及水力研究院正式成立附設試驗場於巴燕邦(Bayern)之奧貝那赫(Obernach)奧貝那赫者,爲一山溪之名稱,通瓦痕湖,(Walchensee)地位天然,第一次之黃河試驗,即於二十一年夏在此舉行。當時試驗之目的,在欲研究縮狹洪水隄距以後,是否可以刷深河槽,並使洪水位因此降落,以便由此決定治導黃河之方策,其經過詳見恩格思治導黃河試驗報告書,(參看工程八卷六號黃河問題專號)據恩氏意見,該項試驗,因經費關係,中途停止,尚不得謂爲結束,倘能再作一試驗,其結果必更可觀。此事停頓者幾達二年,卒於二十三年夏因全國經濟委員會之資助,得以繼續,是爲第二次即本屆之黃河試驗。

二　試驗目的

本屆黃河試驗之目的,乃在各種不同水位之下,研究河槽因各式隄防所起之影響,且因第一次黃河試驗所採用之河槽爲直綫形,故此次改用「之」字形河槽,以便由此覆核第一次試驗結果之是否無誤。

三 試驗分組

本屆黃河試驗共分四組如下:(參看黃河試驗分組圖)

甲,大隄成直綫形,隄距取寬,內為中水河槽,作「之」字形,并假定中水河槽已經固定。此組試驗之目的,在研究寬大之隄距對於河流所起之影響如何。

乙,大隄仍成直綫形,隄距之寬及「之」字形中水河槽概如甲。惟自大隄起,每隔相當距離,在兩岸灘地上築翼隄一道,蓋因中水河槽固定之後,萬一洪水大溜趨出槽外,可賴以防止。

丙,大隄成曲綫形,隄距取寬,但較甲已較狹。隄身與中水河槽不並行,中水河槽作之字形如甲。

丁,大隄成曲綫形,隄距取狹,隄身與中水河槽相並而行。此組試驗之目的,在研究縮狹以後之隄距,對於河流所起之影響若何。

四 設備述要

本屆試驗,仍在德國明興水工及水力研究院附屬之奧貝那赫試驗場舉行。該場面積甚廣,本屆之試驗槽即築於上屆試驗槽之旁,長約一百二十餘公尺,寬八・九公尺,全部用混凝土築成。按恩格思教授對於治理黃河,素有固定中水河槽之主張。今試驗河槽用混凝土建築,其用意不外假定此中水河槽業已固定。至於試驗時,則仍在槽中舖以與我國黃土情形相類似之瀝青炭屑,俾河床冲刷之情形,可以充分表顯。兩旁灘地,究用混凝土抑用其他易於冲刷之材料舖面,曾經幾度研究,後卒决定採用混凝土,取其於洪水後,灘地上塡高之情形,可以一覽無遺,因瀝青炭屑係黑色,而混凝土灘地則為白色也。河水中本應摻入黃土,使與黃河之水同其性質,但因所需數量過鉅,故仍以瀝青炭屑代替。此次黃河水利委員會交作者帶德之黃土二千公斤,則留作定性試驗之用。此項定性試驗,經一再舉行,無不證明此次所用之瀝青炭屑,與黃

土有同樣之性質。瀝青炭屑之產地,距試驗場頗近,故原料之來源,殊不虞其竭蹶。惟因河水含沙有一定之成分,且此項配合工作及配合後之覆驗,頗費手續,因此已配合之河水,不得不設法保存,遂有所謂環流設備。關於詳細設備情形,可參閱恩格思教授之臨時報告,及將來之正式報告,玆不多贅。

五　試驗經過

本屆黃河試驗,自二十三年六月十五日開始籌備,作者抵奧貝那赫之日,爲七月四日,時河槽僅粗具雛形,二十七日河槽本身竣工,但灘地舖面工程,則至八月十一日始告完工。試驗槽係在露天,毫無遮蔽,而是年夏季,山中雨水特多,故工作時作時輟,試驗之進行,爲之延遲不少。河槽完工之後,又因抽水機能率不敷需要,臨時設法改造,更費不少時日。因上述種種原因,正式試驗直至二十三年九月初始能開始,甚非始料所及。幸九月以後,天氣轉晴,加以恩格思教授之竭力督促,及試驗場職工之努力,卒能於二月之中,完成全體四組之試驗。十一月八日四組試驗全部告竣,作者亦於十二月中由歐啟程返國。

六　試驗結果

本屆試驗結果,已如恩格思教授報告所述,完全證明第一次黃河試驗結果之無誤。第一次試驗結果之最堪注意者,即河道之刷深,在寬大之洪水河槽,較之狹小之河槽爲速。惟上屆試驗時之河槽爲直綫形,且模型年較短,本屆試驗一則採用「之」字形河槽,再則將模型年由三年增至五年,而其結果竟與第一次黃河試驗相若,換言之,對於縮小隄距,認爲可以不必也。

七　本屆試驗之價值

恩格思教授對於治理黃河,認爲第一步應固定中水河槽,對於現

有隄距，則認爲不宜任意縮狹，其主張詳見所著制馭黃河論。由上屆及本屆黃河試驗之結果，已充分證明築隄縮狹河道之可以不必。按恩氏之意，隄以防潰，不宜作爲治水之工具，惟當以岸束水，（按即固定中水河槽）。按我國明季潘季馴氏畢生致力於黃河之治理，厥功至偉，其治水名言，爲『以隄束水借水攻沙』八字。就字義論，則恩氏所主張者爲以岸束水，「岸」與「隄」固根本有別，但我人又知潘氏對於隄之功用，解釋本甚明晰。如云：『築遙以防其潰，築縷以束其流，』是遙隄之與縷隄，在性質上，固有重大不同之點。潘氏河防一覽又云：『近年事隄防者，既無眞土，類多卑薄，已非制矣，且夾河束水，窄狹尤甚，是速之使決耳！』照恩格思教授之解釋，潘氏之縷隄，嚴格言之，係固定中水河槽護岸工程之一種，而不能以隄論，並認潘氏之見解，爲十分合理，因其區別遙隄之功用爲防潰，而縷隄則有治導之功用也。恩氏且力言建築縷隄，（此處之縷隄，應作護岸工程觀。）足以固定中水河槽，又認爲縮狹隄距，有使黃河發生危險之可能，凡此皆與潘氏當年治河之主張，不謀而合。我人已知潘氏一生four治河，無往無功，則其主張已有事實上之證明，彰彰明甚。今恩氏之主張，復經兩次之試驗，證明其合理。由此可見治河眞理唯一，原無古今中外之分也。

(二)一九三四年黃河試驗臨時報告

恩格思教授

一九三二年十一月廿四日鄙人嘗致書李協先生,又於一九三四年三月二日函秦秘書長汾,對於黃河試驗事有所商榷,旋承全國經濟委員會以此事委託鄙人主持,遂於一九三四年六月十五日開始大模型試驗,同年十一月八日始告完畢,試驗時所採用之河槽爲「之」字形,水中挾砂甚多,試驗之目的,乃在各種不同水位之下,研究河槽因各式隄防所起之影響,此項試驗,純係繼續一九三二年之直綫河槽試驗,共分四組如下,(第一圖)

(一)大隄成直綫形,內有固定之「之」字形中水河槽。

(二)大隄(仍爲直綫)內加築導水隄或翼隄。

(三)大隄成曲綫形,與河岸不並行。

(四)大隄成曲綫形,但與河岸並行。

余在一九三一年,曾作一試驗,(參看拙作 Hubert Engels: Grossmodell-Versuche über das Verhalten eines geschiebeführenden Wasserlaufes unter der Einwirkung Wechselnder Wasserstände und verschiedenartiger Eindeichungen)雖當時所用之水,並不挾砂,但與此次試驗,仍不無相當關係,蓋此次所採用之河槽彎度,即與是年相同,惟河槽之長,則較當時增出約二十公尺耳,模型平面比例尺仍與一九三二年相同,假定爲 1:165,黃河之平均水深亦與一九三二年所假定者相同,仍爲下列各數:

低水時　三、一三公尺,(低水時實際之水深或較此略小,亦未可知,)

中水時　五、五公尺,

洪水時　(在河槽中)九、〇公尺,

模型河槽深度(第二圖)之比例尺爲1:110爲平面之一倍半,在

一九三二年則爲平面之二倍，

灘地之比降爲0.0012（按模型河槽之比降，因有多數河灣，故較上數略小，）在此種比降之下，河床中之砂質，在低水時猶能推動，上數即由此求得，由此更求得下列各種流量數：

低水時　每秒鐘一一、八二公升，

中水時　每秒鐘三五、〇公升，

洪水時　每秒鐘一五一、七公升（試驗時所用抽水機，其最大能率，適足以應付以上所需要之洪水量，）

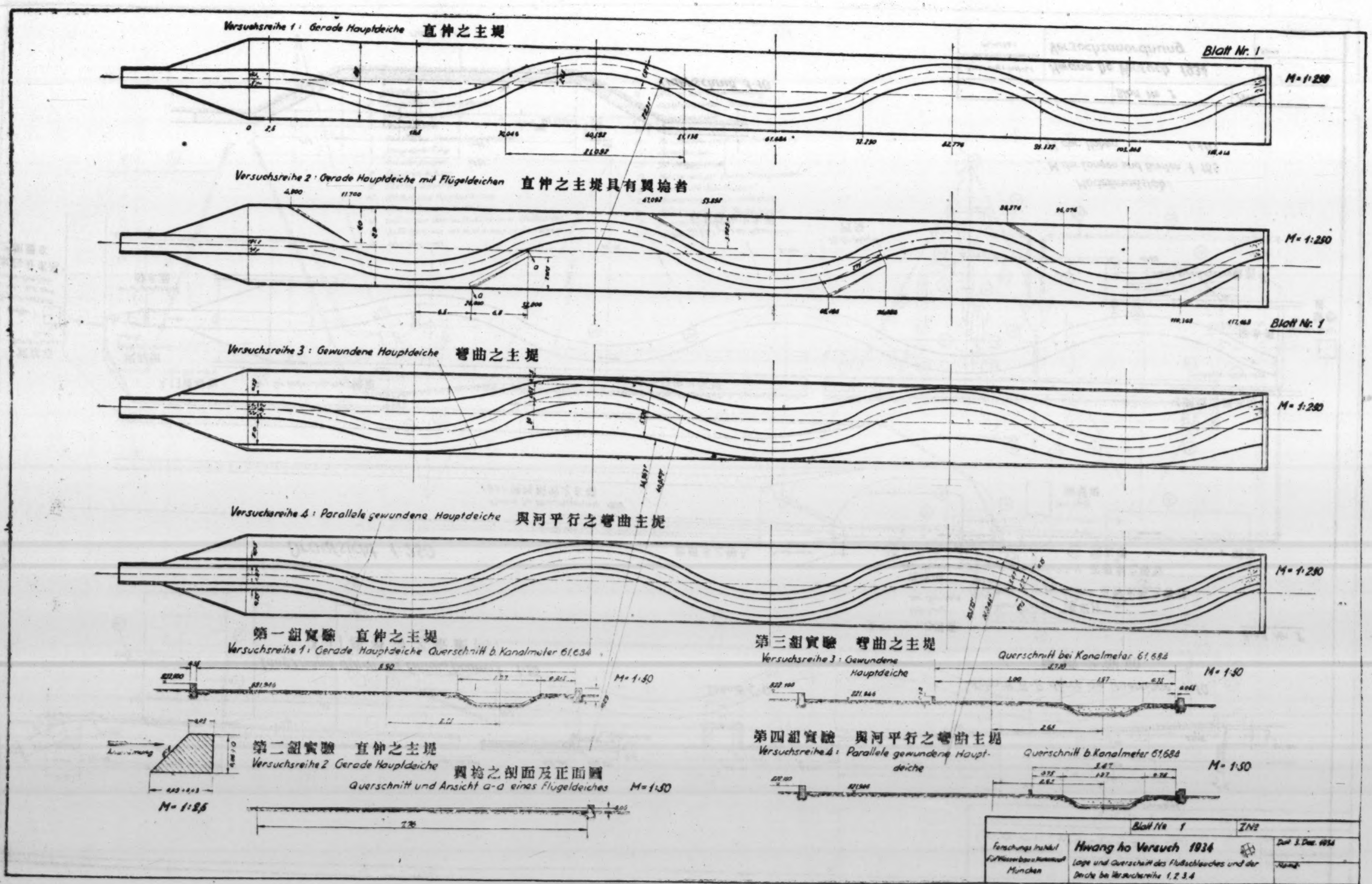
模型河床內所用之砂質，仍爲瀝青炭屑，其性質與一九三二年試驗時所用者完全相同，

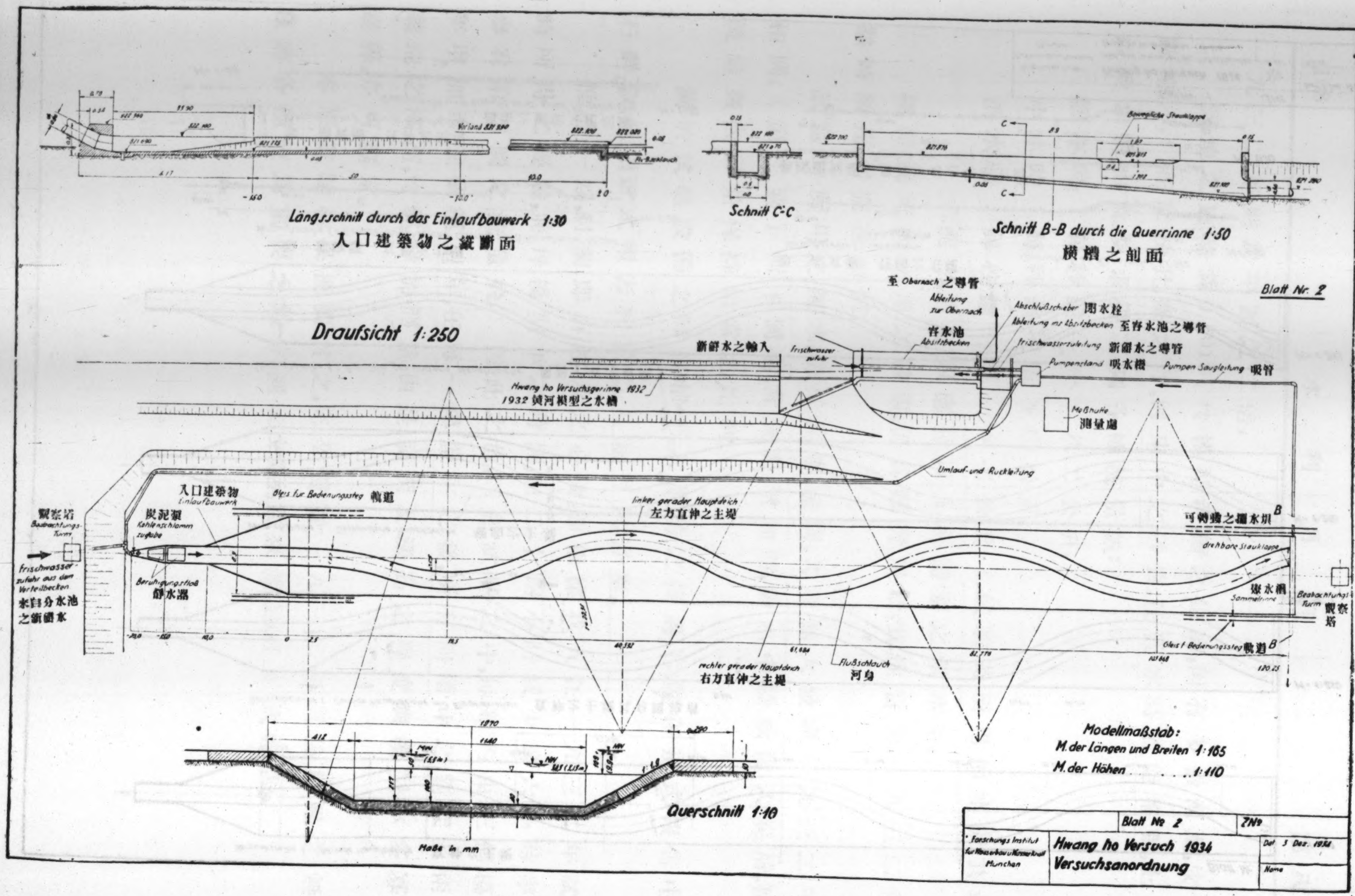
試驗時所用之河水，仍採用環流制，其設備大致與一九三二年者相同，（第三圖）所不同者，當流量增加時，清水中陸續攙入炭屑，務使流量與含砂量保持相當之比例。

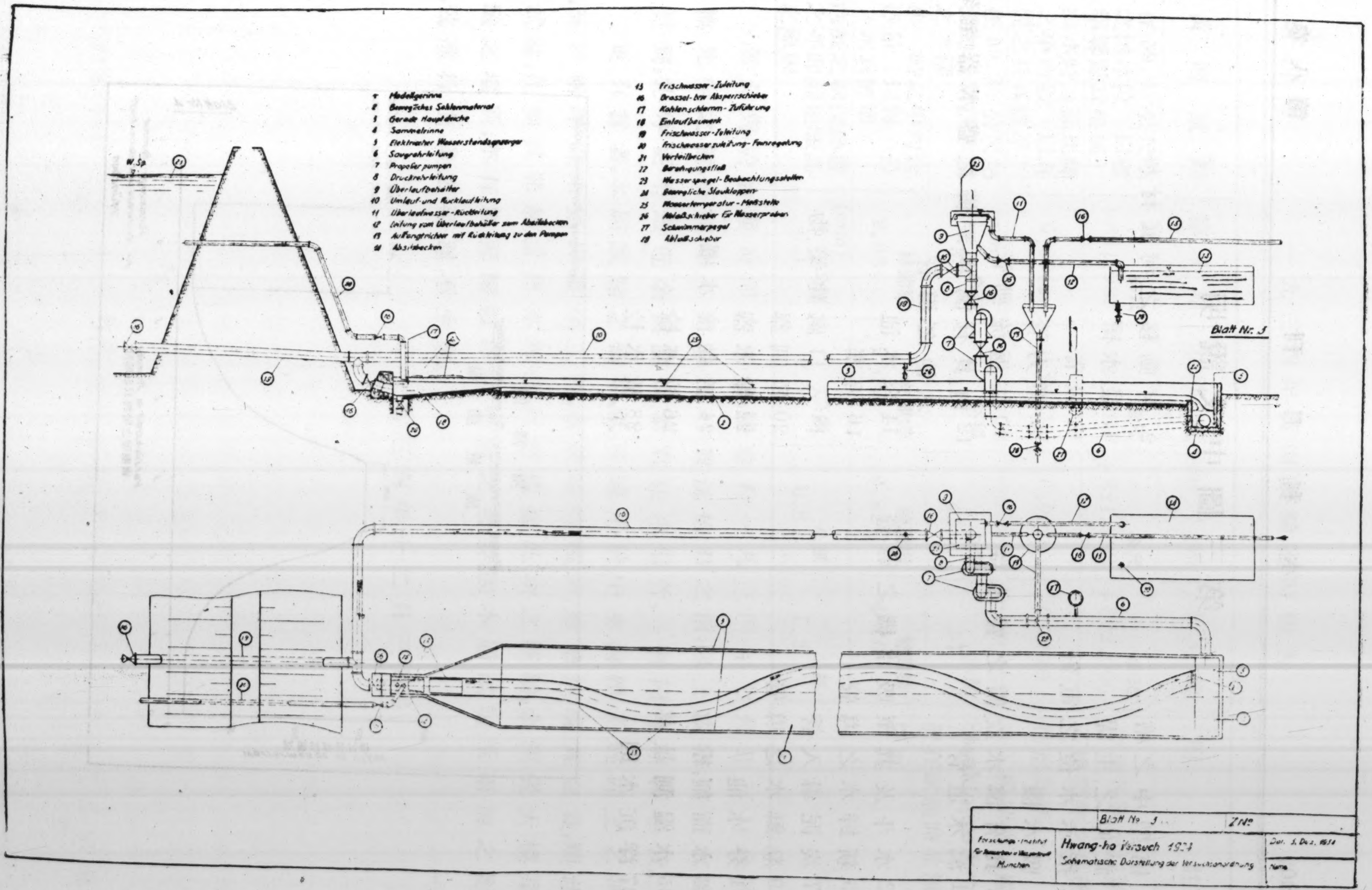
關於試驗設備之詳細情形，及試驗之經過，容俟在正式報告中再行詳敘，此項正式報告約於二月初可以寄奉。

惟有一端，目前即有述及之必要，卽根據我人在一九三二年試驗時所得之經驗，將每模型年之時間，由二十四小時減少爲六小時半。（參看第四圖之流量綫，）因此之故，四組試驗之中，每組內由三個模型年增加至五個模型年，在每一模型年之後，所有河槽中之刷深及兩旁灘地之漲高，均經詳加測量，由是刷深及漲高之程度與模型年多寡之關係，亦可測定。

本屆試驗結果扼要言之，完全證實一九三二年試驗結果之無誤，茲將各種較爲重要之數字列表於后，其來源另詳正式報告。

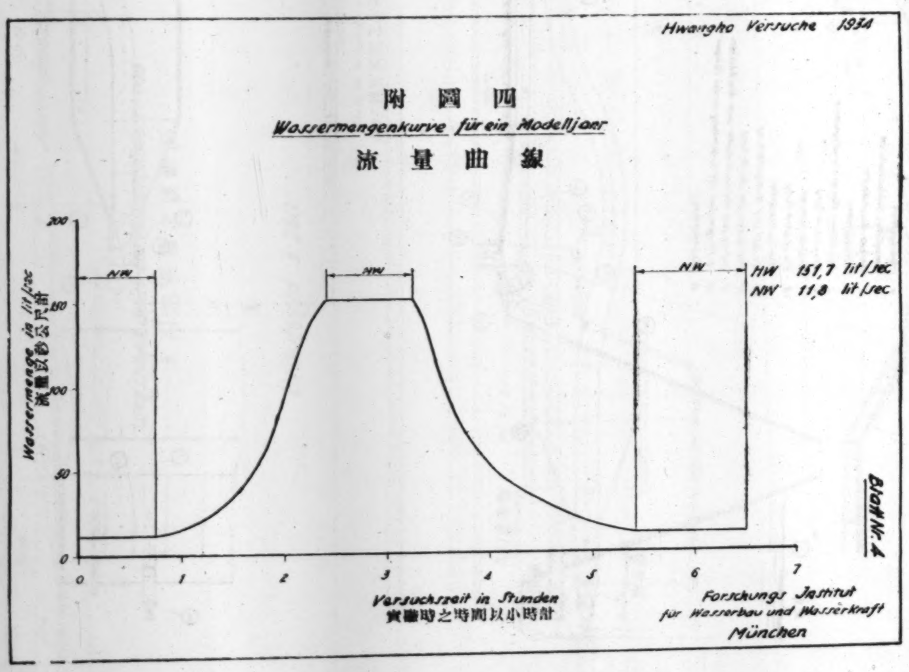

Versuchsreihe 1: Gerade Hauptdeiche 直伸之主堤
Blatt Nr. 1
M= 1:250
Versuchsreihe 2: Gerade Hauptdeiche mit Flügeldeichen 直伸之主堤具有翼埝者
M= 1:250
Blatt Nr. 1
Versuchsreihe 3: Gewundene Hauptdeiche 彎曲之主堤
M= 1:250
Versuchsreihe 4: Parallele gewundene Hauptdeiche 與河平行之彎曲主堤
M= 1:250
第一組實驗 直伸之主堤
Versuchsreihe 1: Gerade Hauptdeiche Querschnitt b. Kanalmeter 61,684
M= 1:50
第二組實驗 直伸之主堤
Versuchsreihe 2 Gerade Hauptdeiche
翼埝之側面及正面圖
Querschnitt und Ansicht a-a eines Flügeldeiches
M= 1:50
M= 1:25
第三組實驗 彎曲之主堤
Versuchsreihe 3: Gewundene Hauptdeiche
Querschnitt bei Kanalmeter 61,684
M= 1:50
第四組實驗 與河平行之彎曲主堤
Versuchsreihe 4: Parallele gewundene Hauptdeiche
Querschnitt b. Kanalmeter 61,684
M= 1:50
Blatt Nr. 1
Forschungsinstitut für Wasserbau u. Wasserkraft München
Hwang ho Versuch 1934
Lage und Querschnitt des Flußschlauches und der Deiche bei Versuchsreihe 1, 2, 3, 4


Längsschnitt durch das Einlaufbauwerk 1:30
入口建築物之縱斷面
Schnitt C-C
Schnitt B-B durch die Querrinne 1:50
橫槽之剖面
Blatt Nr. 2
Draufsicht 1:250
至 Obernach 之導管
Ableitung zur Obernach
Abschlußschieber 閉水拴
Ableitung ins Absitzbecken 至存水池之導管
存水池
Absitzbecken
Frischwasserzuleitung 新留水之導管
新留水之輸入
Pumpenstand 吸水機
Pumpen Saugleitung 吸管
Hwang ho Versuchsgerinne 1932
1932 黄河模型之水槽
Meßhütte
測量廳
Umlauf- und Rückleitung
入口建築物
Einlaufbauwerk
Gleis für Bedienungssteg 軌道
linker gerader Hauptdeich
左方直伸之主堤
可轉動之攔水壩
drehbare Stauklappe
觀察塔
Beobachtungsturm
Frischwasserzufuhr aus dem Verteilbecken
來自分水池之新留水
炭泥漿
Kohlenschlamm zugabe
Beruhigungsstoß
靜水器
聚水槽
Sammelrinne
rechter gerader Hauptdeich
右方直伸之主堤
Flußschlauch
河身
Gleis f. Bedienungssteg 軌道
Modellmaßstab:
M. der Längen und Breiten 1:165
M. der Höhen 1:110
Querschnitt 1:10
Maße in mm
Blatt Nr. 2
Forschungs Institut für Wasserbau u. Wasserkraft München
Hwang ho Versuch 1934
Versuchsanordnung
Dat. 3 Dez. 1934
Name


1 Modellgerinne
2 Bewegliches Sohlenmaterial
3 Gerade Hauptdeiche
4 Sammelrinne
5 Elektrischer Wasserstandszeiger
6 Saugrohrleitung
7 Propeller pumpen
8 Druckrohrleitung
9 Überlaufbehälter
10 Umlauf- und Rücklaufleitung
11 Überlaufwasser-Rückleitung
12 Leitung vom Überlaufbehälter zum Absitzbecken
13 Auffangtrichter mit Rückleitung zu den Pumpen
14 Absitzbecken
15 Frischwasser-Zuleitung
16 Drossel- bzw. Absperrschieber
17 Kohlenschlamm-Zuführung
18 Einlaufbauwerk
19 Frischwasser-Zuleitung
20 Frischwasserzuleitung-Feinregelung
21 Verteilbecken
22 Beruhigungsfloß
23 Wasserspiegel-Beobachtungsstellen
24 Bewegliche Stauklappen
25 Wassertemperatur-Meßstelle
26 Ablaßschieber für Wasserproben
27 Schwimmerpegel
28 Ablaßschieber
W. Sp.
Blatt Nr. 3
Blatt No 3
Z No
Forschungs-Institut für Wasserbau u. Wasserkraft München
Hwang-ho Versuch 1934
Schematische Darstellung der Versuchsanordnung
Dat. 5. Dez. 1934
Name

第三圖中文說明

1. 模型中之槽
2. 可動移之河底材料
3. 直伸之主堤
4. 聚水槽
5. 指示水位之電針
6. 吸管
7. 吸水機
8. 壓力管
9. 具有瀉水設備之盛水器
10 往返流動管
11 瀉水道管
12 由具有瀉水設備之盛水器至容水池之導管
13 水斗及其至吸水機之導管
14 容水池
15 新鮮水之導管
16 活塞
17 炭泥導入管
18 入口處建築物
19 新鮮水之導管
20 節制器
21 分水池
22 靜水器
23 水面觀察處
24 活動滾水壩
25 水溫測量處
26 放水栓
27 浮沉水則
28 放水栓



附圖四
Wassermengenkurve für ein Modelljahr
流量曲線

黃河試驗	第1組	第2組	第3組	第4組	附註
在59.25公尺站之洪水位（以標準零點爲根據）	公尺 +821.982	公尺 +821.989	公尺 +821.992	公尺 +822.006	左列各數均以第五模型年之最後情形爲準 ×）模型槽尾端Stauklappe之位置在試驗時並無變更
洪水時水面比降之平均數（以堤之長爲標準）	0,0012	0.0011	(.0012	0.0010	
在59.25公尺站灘地上當洪水時之水深	(mm) 公厘 33	公厘 41	公厘 43	公厘 57	
洪　時之平均含砂量（以每一公升水爲標準）	格蘭姆 2.93	格蘭姆 2.04	格蘭姆 2.82	格蘭姆 4.00	
河底之刷深換言之亦即灘地漲高之原因	(mm) 公厘 6.1	公厘 2.5	公厘 0.8	公厘 1.3	

鄙人對於治理黃河之主張,請參看一九三四年七月廿三日余寄李協先生之信,及同年八月廿五日致沈怡君之信;以上二信,諒貴會必可見到,此外更有最近余與譚保泰君往來信件,一併附陳,藉備參攷。

更有言者,本屆試驗之結果,祇可適用於中水河槽業經固定之河流,至於兩岸尚未施以護岸工程,或試驗時臨時加築以覘其究竟,類此之試驗,在奧貝那赫當然亦可舉行,惟根據此次之經驗,余深覺大模型試驗之場所,亦有加蓋屋頂以蔽風雨之必要,因本屆試驗受雨雪之影響,致進行上爲之延遲不少也。

（一九三四年十二月三日）

(三)託沈君怡至德國向恩格思質疑之點

李儀祉

一、黃河洪水據本會經驗自河套綏遠南下者百分之十五

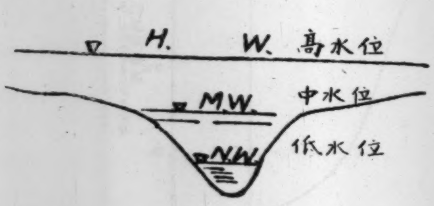
自渭河及其支流來者百分之六〇

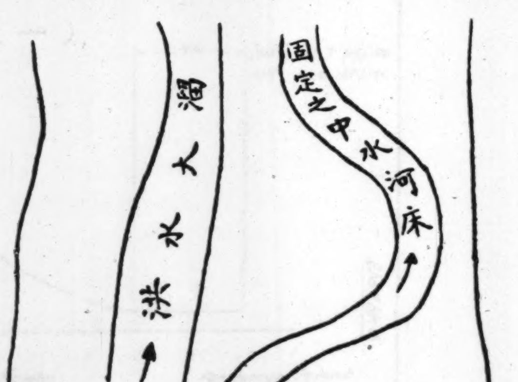
自汾河來者百分之二〇

伊洛沁等百分之五

又查渭河及其支流之最大者,如涇如洛,皆有極佳之地址,以供築停蓄水庫之用,是黃河洪水之患,但築二三水庫,即可完全消除,現在本會正在測量各庫地形,但最可慮者,即爲洪水時河中泥沙之量太大,渭河最大泥量爲百分之二十餘,涇河最大泥量爲百分之四十六,若不爲之設法,則水庫之淤廢甚速,故計劃谷堰,擬多留瀉水底洞,以排瀉洪水,例如二十四小時之洪水峯分爲二旬至三旬排瀉之,每年於洪水將來之前,即預將庫內放空,及洪水期過後,再將多數洞關閉,以蓄較清之水,其含泥量不過百分之一至五,以濟航運及農田之需,不知用此法可以解救水庫之淤廢否。

二、固定中水河床,固爲治黃之妙法,惟應用何法何料以固定之,頗費研究,蓋黃河除洪水外,多爲低水時期,中水時期甚短,中水床之護





岸物若爲石料,則因沿河六百餘華里,產石之地甚少,所費不貲,如用梢

薪,則低水面上易於腐爛,且難免不再爲河水所衝決,致前功廢棄,蓋黃河灘岸,或爲淤,或爲沙,但輕細易爲水侵削,若耑固定中水河床,洪水大溜或趨出中水床之外而於灘上另闢一槽,亦非不可能之事,宜如何避免。

三、方修斯氏(O. Franzius)縮小隄距東水刷深河床之論,固似偏於理論,但吾國四百年前明代潘氏季馴亦主是說,並實行之,雖未全部奏功,而部分生效者已經彰著,後清代靳輔亦依其理以治河,亦頗見功,縷隄有治導之功能,德國學者所見亦多略同(如 Ehlers, Danzig),惟所難者,黃河治導之段過長,上流刷深,其土不免淤於下流,決不能通匀一致刷深也,淤積之處,橫斷面狹隘,勢必決堤,河復他徙,結果此刷彼淤,此決彼潰,方氏謂決不必慮,而吾恐河床因之更加凌亂也,究竟縷堤對於黃河可望有治導之功否,有何法以免其弊否,請先生明爲指示,又先生之試驗,寬床之刷深,反較狹床爲過,愚始終未明其理,敢祈明教。

四、黃河河床之淤,決不能以人力或機力浚之,但有時裁灣取直,或切灘,不能不以工力爲之助,人力有限,而機力亦頗難施,水淺則用船機(Nassbagger),不可能也,灘軟則用陸機(Trookenu Bagger),亦難行也,不知此種困難,有無良法以解决之。

五、近日言治河者,議論紛紛,多主分疏,但昔潘季馴氏力闢是說,謂河分則力弱,力弱則不能攻沙,結果正流分流必至皆淤,宋時黃河受分疏之害最多,惟吾國人議論多趨於是,不知大試驗中可附帶試驗及此以釋羣疑否。

六、近二年來,小清河已經山東省政府極力經營,加以渠化(Kanolisieren),業已由上游起建船閘(Schiffschleuse)及堰(Wehr)二處,仍繼續進行,並謀浚深河床及海口,且設計溝通小清河與黃河航道於濟南附近,是黃河海口無須再去經營爲海港,但耑爲治河計,是否有展長縷隄及築海壩(Leitdämme)之必要,是在方脩氏以爲無需要,但吾國人主張於海口施功者甚多,方氏之言,是否可爲定論,希以見教。

七、制止黃河上游黃土地面削蝕，以減少河中泥沙，先生對此點有無見教之處，

八、近沿河下游各省盛倡以虹吸管（Heber）取用黃河之水，以淤沿河沙地，且已有實施者，尚未見大效，蓋人民畏黃河如虎，惟恐防之不力，故數千年未敢言利用河水於下游以放淤或灌溉者，近人思利用矣，而又恐設減閘（Entlastungsschleuse 或涵洞（Ablässe）易牽引河患，故乃不得已而用虹吸管，但即此已引起蘇皖人疑慮不少，紛紛反對，先生對於此事，可否賜一言否。

(四)恩格思復李儀祉函

李儀祉譯　載黃河水利月刊一卷九期

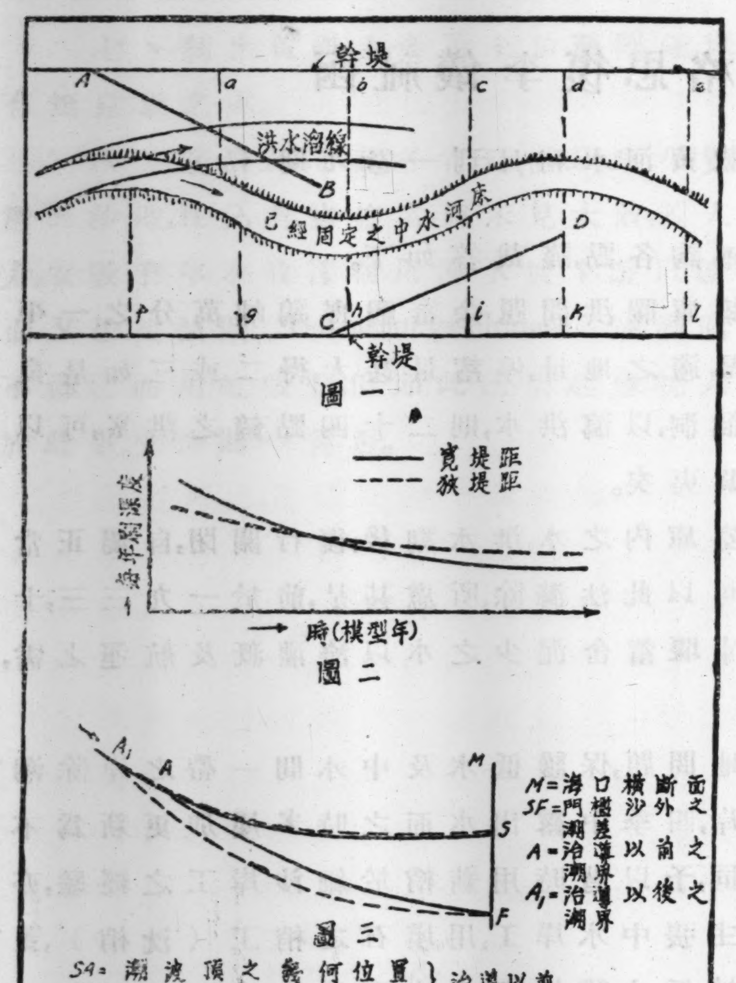
一九三四,四,二七,來書垂詢各點,謹裁答如下。

(一)渭河及其支流築庫攔洪問題余審視寶鷄峽萬分之一平面圖,見其誠爲攔洪庫最優最適之地址,停蓄量甚大,得二或三如是良庫(高堰)而附以多數底涵洞,以瀉洪水,則二十四點鐘之洪峯,可以二十日至三十日瀉之,化險爲夷矣。

洪水期前盡開底涵,瀉空庫內之水;洪水期後,復行關閉,自屬正常辦法,尊函詢庫內積淤,是否可以此法滌除,所慮甚是,前於一九三三,十二,十八,函中,已及之矣。至用庫堰蓄含泥少之水以濟灌溉及航運之需,誠有見地。

(三)保護河岸及灘地問題,保護低水及中水間一帶之岸除潮汐界情形相異外,用薪梢護岸,四季中露出水面之時多屢加更新爲不可少,關於此點,予與尊見相同,予以昔時用薪梢於細沙岸工之經驗,亦頗知梢工被梳刷之利害,故主張中水岸工,用塡石之梢工(沈梢),蓋完全用拋石,則必向下憑抵於低水護岸工上太糜費也。

尊函又言僅固定中水河床固甚善,而在灣屈之處,不免河溜沖決灘地,另成新槽,則前功盡棄,又有何法以防制此弊,則請視第一圖。是名「翼堤」,「翼堤」者吾北德河堤設置常用者也,洪水之衝決,以「翼堤」ABCD防制之,予於一九三一年模型試驗,曾對翼堤加以注意,現予模型槽中亦按予一九三二,十一,十二,書中所述者設備翼堤,其高上端與正堤頂平而逐漸降落,以至於灘地面平,但翼堤之用,固可使上下二曲之間過渡段內,增加流水之冲刷力,以刷深過渡段之淺處,但同時亦可攔高洪水之面,而肇危害,如一九三三,十二,二,尊函所論用「海灘壩」之作法,挖一深狹之溝於灘上,而築壩其中,使不致高超出灘面,



圖一

圖二

圖三

則可免是弊,溝中作壩,用石或沈梢填之法,亦可用徑一〇公分之密排圓樁代之,(第一圖a至l)翼堤創造航槽之力雖多,然予深信尊意護灘辦法,爲較善於築翼堤也。

（三）尊函謂縮狹隄距,則此處冲刷而起之泥沙,不免又填淤於其下游鄰接之段,增高下游河床而致漫決,所見誠是,狹距之新堤不能沿長河而兩岸並舉,亦事實也。

尊函所詢黃河上可否用縷隄,予審知尊意所指者爲吾北德所用之夏堤,在北德田禾發育時期爲夏季,夏堤與冬堤（譯者按德國之冬隄,夏隄,有類吾國之遙堤,縷隄,）間之灘地,實賴夏隄以保護其田禾,其功用只在利農而非以治河也,在德國最大洪水期爲春季三月及四月,故夏隄甚便,而在中國則與之相反,最大洪水期爲七月及八月,與田禾發育期同時,故不能與德國強同也。

故黃河灘地,在田禾發育時期,不能以低堤衛護,使洪水可以漫過;而必用高出洪水面之堤,若新築狹堤,其頂亦必高出洪水面,而不宜使之低於洪水面,故予以爲治導在潮汐界以上之黃河,不能用低堤也。

尊函注意及予一九三二年之試驗結果,寬隄距之河床刷深較大

於狹隄距之河床刷深,但予之一九三三,七,一〇,試驗報告中第三十七面所述者爲寬洪斷面對於河之速遽刷深,較優於狹洪斷面,非云對於較大之刷深也,此旨爲足下所忽,其理可如下解釋之。

狹隄距中之與寬隄距中相反者,水流其間所挾泥質總量,不能以之淤高灘面,蓋灘面狹,則停淤之機會少,如是則全輸之於沉澱池中而已,在兩試驗中河路中之洪水深相差不過百分之十二,洪水流速相差亦如是,故於狹堤距中流過之水量中所含之泥量幾至倍大於在寬堤距中者,狹堤距中於同等時間內其床址刷深不能與在寬隄距中者相比,以此故也,設使狹隄距之試驗,尙能延長幾度模型年,一現行試驗中當能達此目的一則將見其床址刷深較大於寬隄距者矣,故寬洪斷面僅於急遽刷深一段河床較優於狹隄距,視余一九三三,七,一〇,報告第三十七頁,以河水之泥在此短途中致之於灘面故也。

（四）浚泥工事今已發展甚多,所謂濕法浚泥中之吸泥機,已可運用於極淺之河段,鬆軟之淺灘亦可用相當設置施用乾法浚泥工事,關于此點可詢吾德有名之建築公司,如 Berger-Tiefbau, Berlin; Goedhart, Düsseldorf; Philipp Holzmann, Frankfurt am Main 及 Lübecker Maschinenfabrik, Lübeck 等必能得滿意之答復。

（五）分疏黃河以減洪水,爲大錯,萬不可行,分之,是以人工造成河岔也,予視消滅河岔爲治河要圖,矧能造成之乎。

現予所進行之模型試驗程序,預計至冬季開始爲止,時間全被佔用,如尙有餘時及餘款,則於模型槽中,亦可設備一河岔試驗之,但予以爲不必也,但河岔之影響必致兩股河床全行淤高,可斷言也,又予諗知兩股之河,河幅之寬不相同者,其細者必淤之又淤,非用浚挖,終不能維持兩股並行也。

（六）設於業經渠化之小清河及黃河間,能鑿成一不至淤塞之運河,而小清河海口可治之以通航輪,則黃河海口可以不必設海港矣。但以治河眼光察之,兼據由安立森一九三四,五,十二,報告中所得來之

知識,則海口治導爲仍不可少也,其治導之目的,在解除潮溜之障礙而發揚其本能,使漲潮時進水量與落潮時出水量,俱得增加,以沖刷入海幹槽中之沙而使之深闊,不致再塞視第三圖。

新成海口兩旁須築低引壩以限之,引壩穿過門檻沙以及海中,使海岸溜能刷拂出口之沙至海深處,關於潮界內河情之資料應與其相鄰接以上之河段,分别探求之。

(七)關於上游黃河防制黃土侵蝕問題,予對所指之地,缺乏相當知識,不敢妄加論斷,足下可參考荷蘭人P. G. Von Schermbeek之論說,見Tijdschrift Von Het Kon Inst. V. Ing. 1891/92 Notulen der Vergadering 10 Nov. 1897 但Schermbeek 遊蹤所至,僅及於出廣武山至海口一段,河之上游,固未嘗涉足也,伊固云,「黃土岸壁幾爲垂直,以至低水線上下,始變爲坦緩之坡,以達河底,汜水縣中低水與洪水間之黃土岸壁,高約三公尺,必須保護之,保護之法當以掩護最低水位與最高水位間之岸壁凡約四公尺,用天然石料爲最相宜。

黃土之性質,可允許大於四比一之陡立掩坡工,石工亦可嵌入黃土壁內,掩護工之脚,須用抛石護之,抛石出岸遠近,須由經驗定奪之,但求適可而止,普通約及低水下一公尺足矣。

(八)河隄上安設虹吸管以淤內塘鹼地較用涵閘爲優,蓋省不至使河隄間斷而成弱點,予贊成用虹吸管也。予等刻歸造模型河槽甚忙,沈君怡在此一同工作,甚可喜也。

一九三四年七月二十三日時在瓦痕湖

(五)與恩格思教授論治河書(一)

沈　怡

（一）先生對於治河,主張固定中水河槽甚有見地,雖本年之黃河試驗,此時猶無法得悉其結果,但余敢信其結果,將較二年以前者,更爲良好,若然,則先生之主張,將更多一有力之左證矣.故日前之問題,不外用何法方可將中水河槽固定,就余感覺,事實上頗有許多困難之點,或謂此種問題,即採用何種建築方法,以固定中水河槽之問題,應視當地所產之材料,而後加以決定,此言誠是,但據本年四月廿七日李協先生致先生之信,我人已知沿河石料甚少,甚至良好之眞土,亦不易多得,觀於大多數之河堤,均用砂土築成,即可證明,二年前及本年黃河試驗中之中水河槽,係一混凝土槽,其爲十分固定,殊無待言,且因固定之故,一切結果亦均能如我人所預期,至於如何方能將中水河床在實際同樣固定,有如此模型試驗中之混凝土槽,此則余甚願就教於先生者也。

（二）先生屢言築堤乃在保護兩岸田地及人畜,而不宜視作治河之方策,對於此點,各方面之意見殊不一致,在拙著「中國之河工」一書中,余曾述及中國治河之傳統觀念,向以築堤爲無益,甚至并其保護田地及人畜之價值,亦一概抹煞,直至明季潘季馴（1521—1595）出,一般對於築堤之觀念,始爲之一變,潘氏嘗云。

『河之性宜合不宜分,宜急不宜緩,合則流急,急則蕩滌而河深,分則流緩,緩則停滯而沙淤,此以隄束水,借水攻沙,爲以水治水之良法』

又云：

『築遙隄以防其潰,築縷隄以束其流。』

由此觀之,潘氏治河主旨,亦在約束河道,約束者,固定之謂也,惟其固定之法,乃在建築相距約一公里之縷隄耳,潘氏之說,遙縷之功用,適

不相同,其言頭頭是道,且據此以治河,甚著功效。

由前所云,固定中水河床一問題,事實上並不簡易,因沿河一帶,適當之材料甚少,然則我人曷不一效潘氏之法,建築縷堤,以期達到所期待之目的乎,設縷堤之建築,根本無益,則潘氏不當由此以成其大功矣,因其所著鉅大之成績,更令人對此不能須臾忘懷也。

在余之論文中,先生當已見及,余一向均甚擁護潘氏之主張,但自去秋(一九三三)往遊河南,目覩該處黃河情形,不禁發生一種感想,即今日黃河兩岸之隄,是否即潘氏用以約束河流之隄,就余感覺,在事實上萬不可能,蓋開封一帶黃河之隄距,每在十公里左右也,至於開封以上,則竟有達二十公里者,此等情形,誠令見者爲之咋舌,嗣後余亟欲知悉現有二隄之間,曾否有潘氏所築縷隄之遺跡,若其間固一度有縷隄,則其築法亦大可研究,余與友人幾經討論,且遍查有關係之舊著,乃知潘氏當日所治之河,大半均在徐邳以下,惟彼在該段內修築隄防,甚見功效,則係不可磨滅之事實耳,清初靳輔治河一仿潘氏遺規,亦著奇效。

(三)一九三二年黃河試驗之結果,河道之冲深,大隄距較優於小隄距,余今所欲知者,此大隄距之「大」字,應作何解釋,就余迄今之了解言,此所謂大者不外一九三二年試驗時兩組試驗之一種比較,緣其時先生曾選定一組之洪水河床,較爲寬大,而另一組之河床則比較狹小也,但目前黃河所有寬大異常之洪水河床,初不因一九三二年之試驗而證明其合理,此點關係甚爲重要,因中國數千年來對於造隄之主張,無不以愈寬爲愈佳,而其結果,有令人不敢贊一辭者,今先生試驗之結果,認大隄距爲較優,苟不加以說明,余誠恐在中國有被誤解之可能,幸先生之垂察焉。

(四)先生屢云,治理現在之河道及河堤,當避免任何操切之舉動,此言甚是,但余不知先生對於目前河南一帶寬大異常之隄距,作何感想,今試假定余等即在該處依照先生之主張,從事中水河槽之固定,

在如此鉅大之隄距中,寬僅三百公尺之中水河槽,奚啻一細髮,李協先生在其信中,已表示其懷疑,卽固定以後之中水河槽,日後是否不再爲洪水所破壞,余今欲補充者,卽此狹小之中水河槽,(比較洪水河槽僅爲三十分之一至五十分之一)是否不至爲洪水所淤沒,雖先生覆李先生書中曾云可用「翼隄」或「海灘壩」以資救濟,但以隄距如是之大,則每一翼隄或壩之長亦非十公里不可,此又與經濟問題有聯帶之關係,不能不顧及也,在此等情形之下,倘設法將相距甚遠之河隄移近至某種程度,不知先生之意見若何。

余雖發上述之問,但余已不能無疑此事之是否可以實行,因黃河下游隄距之情形,確甚奇異,如河南一帶地處上游,其隄距反較山東一帶爲大。若在普通河流,其情形當反是,雖當地地形亦有不少影響在內,但河南一帶河堤之寬若此,究令人不能無疑於其中有無特別之原因也,照余推測,當時治河之人,或有一種理想,因當洪水暴發,在河南一帶,換言之,卽河水出山之處,水勢特猛,不得不寬其隄防,以資緩和,其中實含有蓄水之作用,不知先生之意云何。

(五)先生治理黃河下游之意見,對於現有彎曲之河道,每以不可動輒裁彎取直爲戒,此種原則,是否對於治理河口三角洲上之叉流,同樣適用,就余之感覺言,出口處之河道,愈彎曲,水流將愈不暢,倘能根本取直,豈不甚善,不知先生以爲然否。

(六)余上年在豫河所得之印象,使余不能時刻忘,余今附一豫河地形圖於此,良以該處河道,實爲下游最不整齊之一段,先生可否賜示治理時應有之手續,特別對於坐灣之險工。

(七)一九二三年先生曾爲費禮門先生作一丁壩試驗,不知此種丁壩,對於治河有無實際之價值。

(八)先生稱本年之試驗,爲終結試驗,敝國之人,均以爲由是黃河問題可以得一根本之解決,究竟此「終結」二字作何解,尚乞賜教爲幸。　　　　(一九三四年八月廿五日時在瓦痕湖)

(六)與恩格思教授論治河書(二)

沈　怡

先生對於治河,十分注重中水河槽之固定,且以爲固定之後,治河工作,已十去七八,自屬合理,但不知先生所期待於中水河槽之固定者,是否與余向來對此事之看法相符合,余以爲先生於此,殆欲達到以下各項目的

一、固定大溜趨勢俾可減少隄決,

二、刷深河底,並使兩岸灘地相當加高,換言之,由此逐漸形成先生所期望之標準河槽,

三、兩旁黃土河岸,不致再爲河水所侵蝕,

四、由上游而下之泥沙,使之充分入海,

李賦都君在其所著黃河問題(見工程第八卷第六號)一文中,有云「束水攻沙之法,恩格思竭力反對」,據余所知,築隄所以防水,而不能視爲治水之工具,先生之意見,不外如此而已,余今竭誠請求先生之明教,究竟先生所期待於中水河槽之固定者爲何事,倘乞詳示,以免中國方面對此事發生誤解,又近年河北省黃河試用磚工護岸,及建築透水柳堤,頗著成效,以上兩者,均係根據該省黃河河務局局長孫慶澤君之主張,先生對此意見若何,倘乞一併示及爲幸。

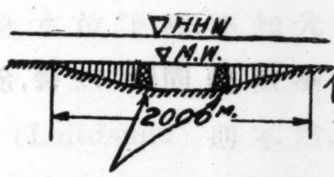
一九三四年八月廿八日時在瓦痕湖

（七）恩格思教授覆沈　怡書

（一）問　中水河槽在實際如何方能同樣固定，有如模型試驗中之混凝土槽。

答　低水位以下用沉梢（塡石之梢工）低水位以上用抛石，在石料稀少之處，可仿河北省河務局所採用之磚工，以代替抛石，惟當注意其堅性及重量，務使在急溜中不爲水沖去。

（二）按足下所述潘季馴氏在尋常水位時用以約束河道之縷隄，在此種情形之下，鄙意已不能以「隄」論，而係固定中水河槽護岸工程之一種，假乎此種縷隄以固定之中水河槽其寬曾達一公里，據余目前所有對於黃河之知識而言，未免覺其太寬，但無論如何我人不能不承認潘氏之見解，爲十分合理，因其對於遙堤之功用認爲僅供防潰。而縷隄則有治導之功用也，足下認河槽之固定，在隄距極大之處，（如在開封爲十公里，或開封以上竟達二十公里，）爲不甚可能，余個人意見以爲用建築縷隄方法此種固定，實甚可能，其詳請參閱左圖，由左圖可知在寬（假定二千公尺）而又淺之中水河槽中如何用建築縷隄方法，以獲得所希望之標準槽寬並因此達到冲深河底之目的。



縷隄（先堆成隄形其後再用土塡實塡土之法甚多如用吸泥機亦其一土）

（三）余所用「大隄距」及「小隄距」兩種稱呼。完全根據模型尺寸，換言之，祗適用於實際與模型尺寸相折比之隄距，其實在黃河上所謂大隄距，較此種由模型折算而得 $9 \times 165 = 1485$ 公尺之數，尙不知大過若干倍也。

昔人在黃河上喜採用大隄距，余以爲並不足以引起何等不良之影響，但未在二隄之間將河槽固定，致使溜頭愈刷愈近隄身

而無終止之一日，此則其大患耳。

（四）河南一帶之大隄距，余亦認為有益，因黃河不啻由此得一蓄水庫也，此或當年所以選定大隄距之原因，有如足下之推測，餘參看一九三四年八月廿八日余致李協先生之信，本年七月廿三日在余致李君信中，所述用拋石塡成之「橫溝」及「橫排圓樁」余現認為較之建築翼隄，尤為有利。

（五）在河口三角洲上河道形勢以愈直為愈佳。

（六）欲使靠灣生險之隄工求得安全，不外保護外隄坡，且其護坡工程須自隄坡起，沿坡而下，直至河底為止，此外亦可仿照左圖辦法，在虛線處建築新隄，設法使河岸與老隄遠離。



（七）余為費禮門君所作之丁壩試驗，對於黃河並無用處。

（八）余於本年之試驗，祇求其對於大隄距抑小隄距之問題，得一終結之答案。

最後對於足下本月廿八日之信答復如下：

關於余治河之目的，足下之看法完全中肯，中水河槽固定以後，余希望由此達到下列之目的。

一、深水河槽不再逼近隄身。

其他二、三、四各點均如足下來信所述。

關於孫慶澤局長所建議之護岸磚工及透水柳隄，余認為至堪注意，余以為關於第一項宜用鉛絲結網，（譯者按本用鉛絲結網）再柳隄所用木樁，難以經久，倘能改用鐵筋土樁或更相宜，此項柳堤轉瞬即將不能透水，但此於治河實有裨益，對於計劃中之「節制閘，」余雖不反對，但因其門限與平時洪水位等高，余意為安全起見，總以不侵犯堤身為是，而不如改用虹吸管之為愈也。

一九三四年八月廿八日時在瓦痕湖

(八)與恩格思教授論治河書

譚葆泰

（一）先生對於治河之主張,認定黃河之大患在缺乏固定河槽,於是河流任意紆曲,刷及隄防,而致決溢,更因河槽之不固定,河底遂與年俱高,欲除上述各弊,依照先生主張,必須將中水河槽加以固定,同時浚治河口,此意誠是,余亦深信河床及洪水位之繼續抬高,均將因此停止,有如先生致李協信中討論方修斯教授之例題時所云,但余有不甚明瞭者,即是否可將河床之繼續冲深,及洪水位之不斷下降二點,作為先生治河之目的看待。

黃河汜濫之原因有二,（甲）由於洪水嚙隄而釀成之決口,此種情形在固定中水河槽及固定洪水大溜趨勢後,即可防止,（乙）由於發生非常洪水,例如一九三二年之大水,水位高過堤頂,以致漫溢成災,現在黃河之河底竟有高於隄外平原者,欲消除此種現象,鄙意必須使洪水位下降,不知先生之意見以為如何。

（二）先生對於隄防（Deich）認為非治河工具,但對於導水隄（Leitdamm）則不然,實則隄與導水隄之區別,僅在形體大小之不同而已,因地制宜,導水隄固可用,隄又何嘗不可用,我國潘季馴氏築隄束水,成效卓著,可為明證,黃河流域地勢平坦,材料缺乏。今欲固定河道,鄙意築隄或築導水隄未始不宜,此種導水隄,因用黃土築成,尺寸甚大,故亦以隄名,未審先生以為然否。

（三）沈怡先生於一九三四年八月二十八日致先生一信中,已述及治河時種種事實上之困難,再者黃河每逢洪水退後淤留灘地上之黃泥漿,仍有向河身移動之情形,其結果足使已冲深之河槽重為填沒,使中水河槽固定以後,此種危險仍不可免,將用何法以事防止。

（四）先生曾致書李協先生,建議於黃河兩岸作大模型試驗,有

如奧貝那赫之設備,余對此事甚感興趣。未審先生可將試驗之程序見告否。

一九三四年十月十八日在奧貝那赫

(九)恩格思教授復譚葆泰書

接十月十八日來書,茲答覆如下。

(一)余之治河目的,首在防止將來河床及洪水位之增高,爲欲達到此目的,必須固定河槽並使灘地淤高,照余之推測,黃河之河床須在此項治導工程告竣以後,換言之,二三十年後,始能逐漸冲深,洪水位之下降亦然,故在目前必須立即將過於低矮之大隄,一律加高,以免非常洪水之漫溢。

(二)余對於隄(Deich)及導水隄(Leitdamm)二者,認爲有絕對之區別,不容混淆,隄乃高出洪水位之防潰工程,而導水隄則爲高僅及於河灘之護岸工程。

(三)河槽固定之後,雖在水落時河岸凹進一面,所有冲深之處,仍不免於塡沒,但同時二灣間之河檻及河脊,亦將消滅,故就河底全體言,彼此可以抵消而有餘,換言之,不特河底之墊高不足慮,反可望其慢慢冲深也。

(四)由歷次在奧貝那赫所作試驗之經驗,余認爲倘在黃河兩岸作大模型試驗,其程序宜如下。

甲、將奧貝那赫所作河水挾砂之試驗,應用黃土重行複演。

乙、研究塞去枝流以後之影響,例如先築一大模型河槽,內有若干枝流,然後加以閉塞等等。

此項模型比例尺宜大,深度與長度之比例宜一律,例如二者俱爲一比一百,河槽之寬爲三公尺,最大水量每秒鐘約爲六百公升。

一九三四年十月十九日在瓦痕湖

溫州小溪水力發電廠之研究

汪胡楨

一 緣由

茲承實業部技正金君瀚之囑研究溫州小溪水力發電廠改用混凝土滾水壩後之全部建設費,與發電成本,因作為本報告。

水力發電廠,擬設于溫州小溪之南岸村,所發電力,將用以供給溫州附近擬設之新聞紙廠。

水力發電廠原計畫中之水壩,係分上下兩部。下部為混凝土壩,上部為鋼製活動門四座,鋼門每座高七公尺,長三十五公尺,其頂高出水準基點一四·五公尺,此項活動閘,設備費需六十四萬元,每年利息及折舊需洋七萬餘元,其效果僅能免去上游仁宮村等處之淹沒,現據金君之計算,上游被淹之田地村舍,盡數徵收,不過二十萬元.故有改用全部混凝土滾水壩之意。

據本人研究之結果,則改用混凝土壩,實比較為經濟。原預算上下兩部壩之建設費,為一百六十八萬元。如改用水頭較高之滾水壩,則連徵收地畝房舍在內,僅需八十萬元,因水頭之增高水力機之造價,可以減輕。用水亦可節省,今均置而不論,一切建設費之預算,仍以原估計為準,則每度電力(KWH)之成本,可減至一分二厘四毫,較原估計之一分七厘五毫,可減省百分之二十九。

二 洪水量之估計及淹沒範圍

欲知滾水壩建造後,上游田地因回水影響。淹沒之範圍,必須明瞭小溪之洪水量,方可加以計算,因小溪流量測量記載,為時甚促,故無法推測其洪水量,不得已乃假用洪水量公式以求得之。

按小溪在擬建壩址以上之流域面積爲三千二百平方公里,又在溫州五十二年來之平均年雨量,爲一千六百公厘,似與美國東北諸州相類似,故用墨菲氏 Murphy 公式算得其洪水量,約爲一千五百餘秒立方公尺,又自梅延氏 Meyer 公式算得其週期,爲二十五年一次之洪水量爲一千四百餘秒立方公尺,茲因而假定小溪之洪水量,爲一千五百秒立方公尺。(週期在二十五年一次以上)

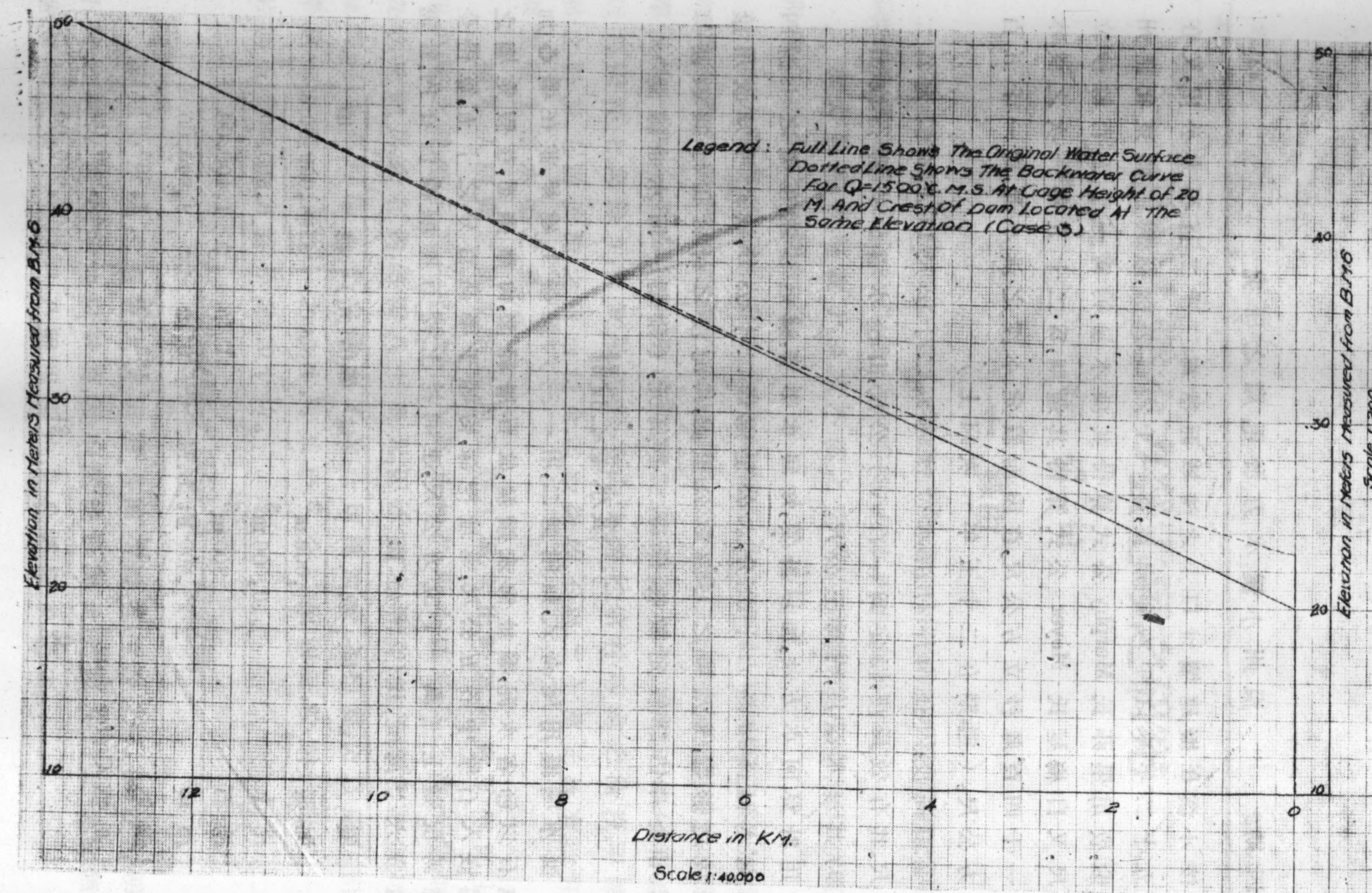
壩頂高度,因在南岸村洪水位曾達到二十公尺以上,故假定爲二十公尺。其有效長度,假定爲一百八十公尺,由滾水壩公式算得洩出洪水量時其滾水深度,約爲三公尺。

用計算回水方法,加以計算,知回水影響,減退甚速,在壩之上游四公里處水面僅抬高六十公分,六公里處僅二十公分,於此可知改用滾水壩後之影響,僅及壩之上游數公里處,其淹沒之村舍田地爲數甚寡,今採用金君估計假定徵收費爲二十萬元,(附圖一回水曲線圖)

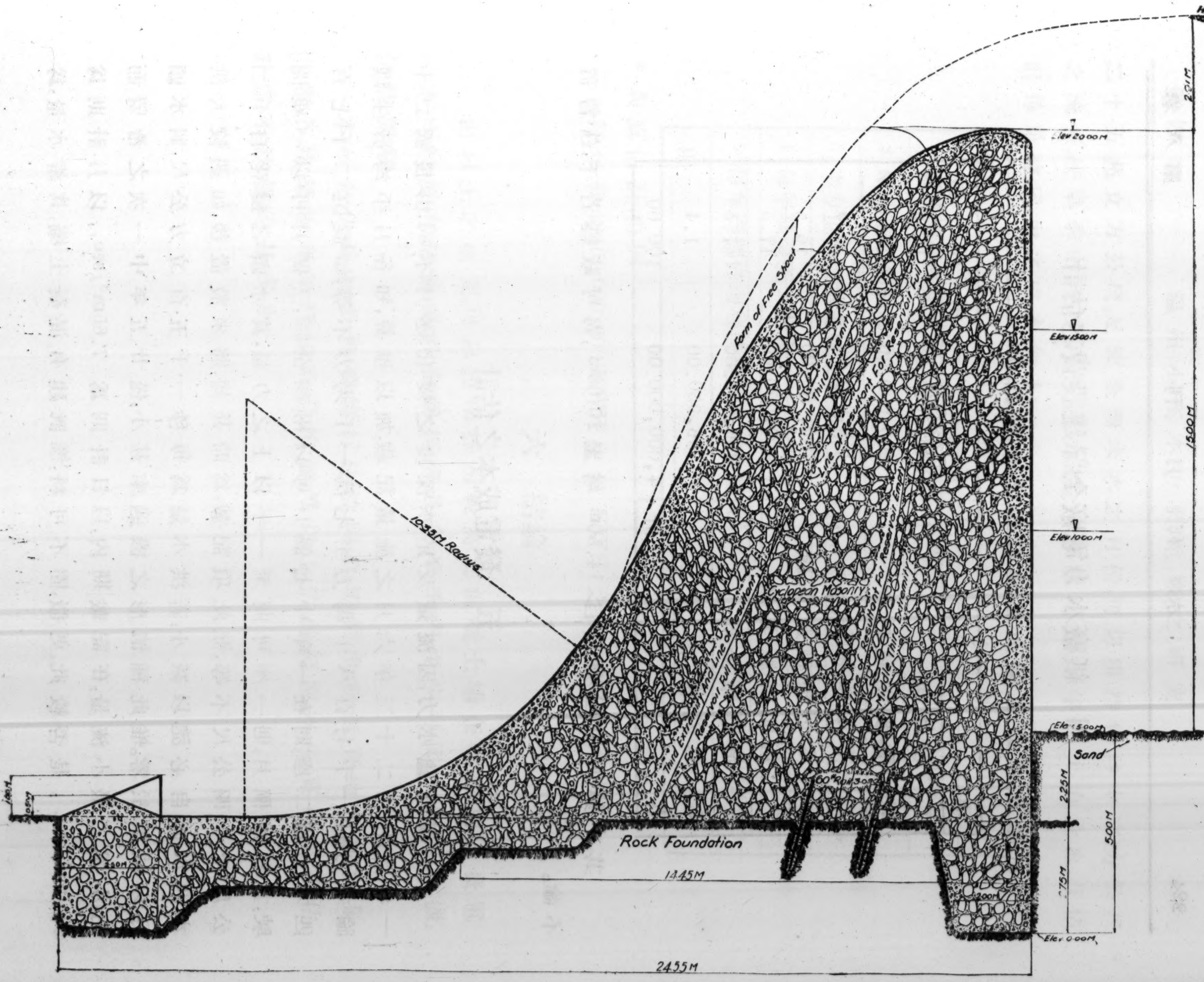
三　滾水壩之設計

滾水壩擬用屋奇式,如附圖二,用一三六混凝土建築。並在壩心加大塊石以節省水泥,壩址尚未鑽驗,故石層範圍,尚難確悉,茲假定壩之兩端嵌入石壁中各五公尺,壩址挖深,約等于壩高百分之十五,算得全壩應需混凝土三萬一千立方公尺,連同挖土挖石圍堰模板在內,計需建設費六十萬元,其估計如下:

項　　目	數　　量	單價(元)	總　　價
混凝土	31,000 m^3	18.00	$558,000.00
挖土	10,000 m^3	0.35	3,500.00
挖石	800 m^3	1.75	1,400.00
模板	23,500 Ft.B.M.	0.12	2,820.00
鋼筋	10　噸	133.00	1,330.00
圍堰 Coffer dam			40,000.00
共　　計			$607,050.00



圖附圖一　温州小溪回水曲線圖



附圖二　温州小溪滾水壩設計圖

四　紙廠水力電廠全部建設費之估計

紙廠及水力電廠全部建設費之估計如次:

項　目		費　用	百分數
1	滾水壩	$607,050.00	15.2
2	徵收地畝村舍	200,000.00	5.0
3	水電廠廠屋	156,000.00	3.9
4	水電機械及電綫	780,000.00	19.5
5	新聞紙廠全部	1,900,000.00	47.5
6	造漿廠全部	300,000.00	7.5
7	意外費	56,950.00	1.4
共　計		4,000,000.00	100.00

其中第四項,因壩項自 14.50m 增至 20.00m,尚可減輕若干,玆暫置不論。

五　發電成本之估計

小溪所蘊水力,因流量及尾水深度之變化,逐月不同,由民國二十一年六月至二十三年六月之流量記載,加以推算,知各月平均發生理論水力自一千七百八十馬力至七萬一千馬力不等,如設立二千七百匹水力機二座,則在一年中七個月可以兩座全開,三個月可以一座開駛,其餘兩個月,則一座可開至一半以上之力量,其水頭之變化,自十二公尺至十四公尺不等,惟此項記載,爲時甚短,將來設置後,如遇較大洪水,則水頭自必隨以減小,若洪水量爲每秒一千五百立方公尺,則水頭可以減至於零。惟此種情形之機遇率甚小,僅廿五年中一次之希望而已。小溪之最小流量,在記載期內,以日計則爲 7.65m^3/sec.,以月計則爲 9.40m^3/sec.,是否較此更微,固不可料,惟旣建有混凝土壩,其蓄水量,爲

二十五兆立方公尺,足使全無來水之月份,可以維持每秒十立方公尺之流量,故旱季中,至少可使水力機一座能開至一半以上力量也,茲估計每單位電力之成本如次:

項　目	欵　數
1 滾水壩利息及折舊　利息8%折舊1.5%	$ 57,600.00
2 徵收地畝費利息8%	16,000.00
3 水力電機及傳電綫之利息折舊　利息8%折舊5%	101,400.00 *
4 每年職員工人薪資	20,000.00 *
5 每年機器修理費機器油及其他雜費	25,100.00 *
共　計	$220 400.00

* 與原估計相同

每年發電 18,000,000 KWH 故每 KWH 之成本爲 1.24 分

六　結論

由以上之研究,可以證明採用較高之混凝土壩在建設費及發電成本,均較原有活動壩計畫爲經濟,且在旱季內,至少可使一座水力機,仍能開駛。

本研究仍爲初步性質,實行建設時,自需於事前至實地詳加測量考察,各建築物,亦須詳細設計繪圖。惟以上估計範圍,本極寬裕,最後估計當不致超過甚多也。

整理浙西湖潯平運河計劃之商榷

黃呈穆

(甲)運河之現狀

湖潯平運河,西與東西兩苕溪互貫串,東與蘇嘉運河相滙合,其路綫由湖州經舊館,南潯震澤,雙陽,梅堰等鎮而達平望,全長約七十公里,爲中湖,蘇湖,嘉湖水運工之唯　交通孔道,而兩岸農田灌溉,更屬厚利焉。

此段河道水流,除伏秋兩季,常有洪流外,餘均流水滯緩,查最高最低水位之變化甚小,其最大差度不過三公尺許;水面比降亦甚微,其最大傾度不過0.0000123,(約十萬分之一強)且在冬春水涸,夏季大旱之時。即常有倒流之現象,蓋其水源在因東西兩苕溪發水時節,正幹不敷宣洩,乃於湖州分流入湖潯平運河,東流至平望,與蘇嘉運河滙流,轉北向,注入太湖,及至冬夏乾旱,兩苕溪上游,山水枯竭,而中部灌溉用水所需水量甚大,則復由太湖水源,循蘇嘉運河經平望後,再由東倒流至西,恆愈乾旱而愈遠,去年奇旱,沿河最低水位記載,已打破歷年紀錄,故湖水所及之地,竟達南潯以西。茲將浙江水利局沿河各站歷年最高最低水位記載,抄錄於次,以見一斑,(湖州水位之所以較高者,亦因受湖水直接循大錢港及機坊港倒流至湖州所致也。見第一圖。)最高水位,在民國廿年七月下旬;最低水位,則在去年八月廿六日,水位高度以公尺計(吳淞零點。)

表一、沿河各站最高最低水位表(公尺)

站　名	最高水位	最低水位
湖　州	5.18	1.98
南　潯	4.67	1.69
平　望	4.32	1.95

此段河道,平常水深,總在一公尺以上,故航行極端發達,每日汽輪,往復行駛,各有六七次之多,如申湖航綫,有正昌,立興,源通,永安,招商等公司之汽輪;嘉湖航線,有通源局之汽輪;蘇湖航綫,有慶記公司之汽輪,終年日夜行駛其間,誠爲水上交通之要道;尤以湖屬貨物,如煤,竹,木,石灰石,沙,糧食等均以此爲輸出主要之門戶,惜全河流域,河底甚淺與河面甚狹之處甚多!現據調查,推定去年水位最低時,如平望,梅堰,雙陽,震澤,南潯,舊館等處之水深,多不盈尺,約爲0.6m至1.5m,而寬度多在12公尺以上,22公尺以下,尚有民房建築,侵佔河身之處,而不足十二公尺者。（見第2圖至第7圖）但鄉野河道,大都水深在1.6m至2.5,水面寬則由二十五公尺至四十五公尺,尚足敷現時水運之用。今將各淺段在最低水位時之水深,水面寬,與長度列表於次。

表二、沿河各淺段在去年最低水位時之水深水面寬與長度表

地	段起訖	水深（公尺）	水面寬（公尺）	長度（公尺）
平望	安德橋—輪船碼頭西	1.10—1.30	14.0—20.0	250
梅堰	中濟橋東—橋西	0.90—1.40	13.0—22.0	200
雙陽	柳塘橋東—橋西	0.80—1.30	14.0—22.0	100
震澤	底定橋東—思范橋	0.60—1.00	12.0—20.0	800
南潯	醫院前—西柵	0.70—1.10	12.0—20.0	950
	叉風k礅東—西	1.10—1.50	20.0—22.0	30
舊館	繭廠—顏惠閣	0.60—1.00	13.0—22.0	400

河道各段水淺情形,旣如上表,以現行該河船舶,普通吃水爲1.3m,普通寬爲5.4m而論,則每年乾旱之季,即有感水深不足之慮!去年尤甚,在七八兩月之間,幾乎輪船完全停駛,即帆運亦常有擱淺之現象!直到九月初旬,因兩苕溪發水,順流而下,河中水位,始逐漸提高,水運得以漸

次恢復,究其全綫中,阻礙航運之處,不過數段,而其全河水運之利,盡隨之消失,故今整理之圖,實爲至要之策,現已由浙省水利當局,着手整理,將來完成,則航運便利多矣。

(乙)整理計劃

本段運河,地勢低窪,坡度平坦,與東西苕溪及太湖諸港,互相吐納,共同消存,非遇大旱,不致乾涸,在乾旱時節,則有太湖水源到灌,兩端水流集中,以供中部農田灌溉,村鎮給水,滲漏,及蒸發之所需;及至雨水時期,則自有兩苕溪水源之分流,今在兩苕溪上游未築水庫蓄水,以調劑低水位之前,則此段河道,整理之法,唯有浚深河底一途;但因經費困難關係,如果通盤澈底整理,而與運河整理委員會,對蘇嘉運河整理計劃之規定一律,使其終年水深在三公尺以上,水面寬終年在三十二公尺以上,目前固屬難行,現特分消極整理,與積極整理兩方針討論,俾酌量舉辦,以合需要。

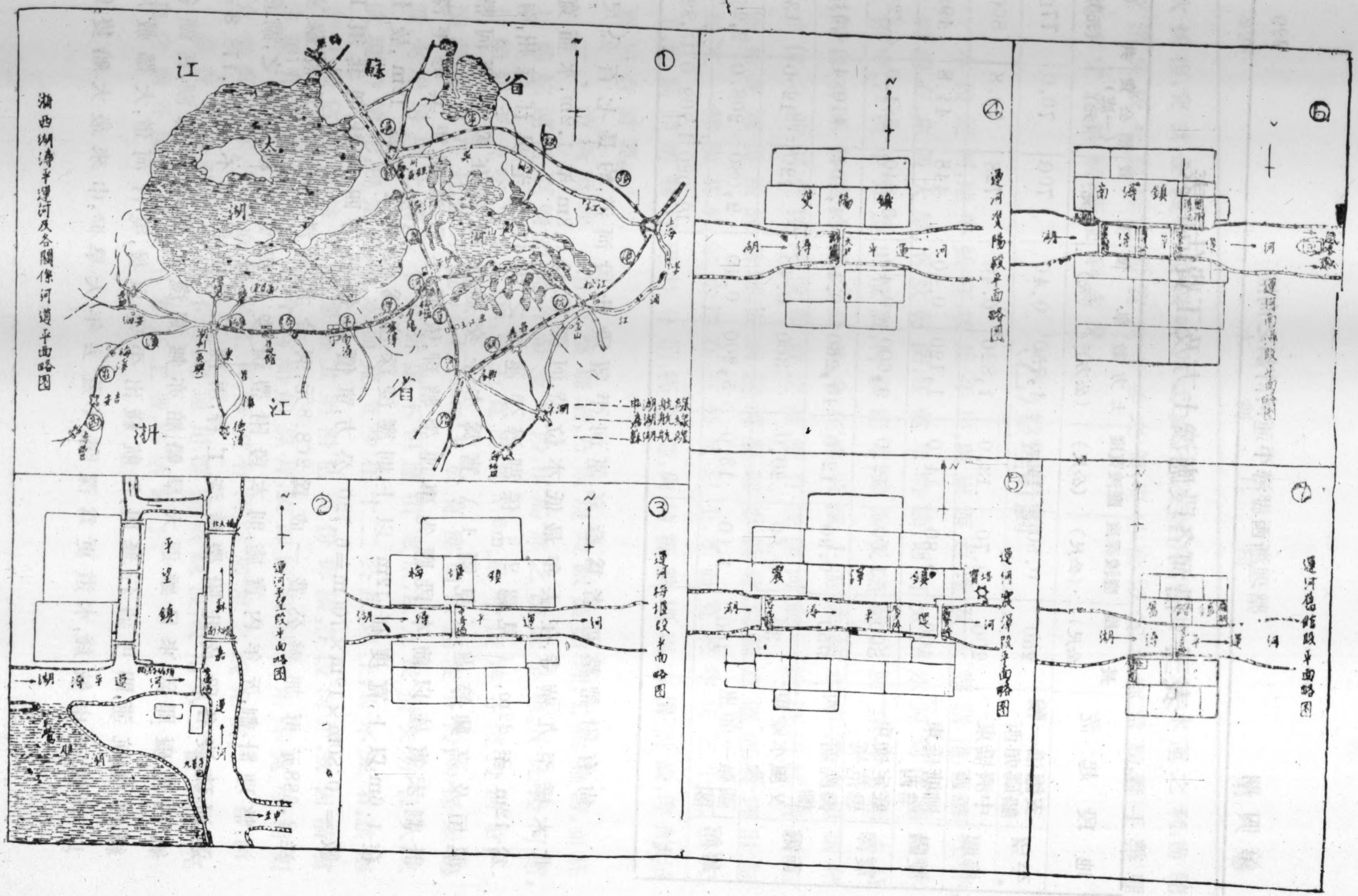
一、消極整理　消極整理者,乃因現時澈底整理,工款難籌,而僅視目前航運需要情形,將各最淺地段,作局部之疏浚是也。查此段河道,航行船舶,至大吃水爲1.4m,最大寬度爲5.6m。故今擬將各淺段河底,一律浚深,使其在最低水位以下1.6m;至於寬度,則因應浚各段,均係通過村鎮,夾岸房屋比櫛,假令其拆讓,不但應償地價,且人民損失亦甚大,只得依現時情形,規定終年水面寬,至少在十二公尺以上,其不足者,該處設有已侵佔河身情事,則應令其將侵佔部份拆讓。各段河道,旣因橫貫村鎮,現有寬度尚慮不足,今爲船舶靠岸,裝卸便利計,則兩岸寬可利用原有垂直石礁,作垂直護岸工程,無須有河岸坡度之規定矣。

茲查各段疏浚土方不多,應通用浚渫機疏浚,較用人工便利且經濟也。今將各淺段,應浚土方及工費,略估如下:

表三　沿河各段應浚土方及工費估計表

地段起訖		長度(公尺)	應浚深度(公尺)	應浚寬度(公尺)	土方數(公方)	單價(元)	工費(元)	辦公費(一成)(元)	共計(元)
平望	安德橋一輪船碼頭西	250	0.50	14.0	1,750	0.40	700	70.0	770.0
梅堰	中濟橋東一橋西	200	0.70	13.0	1,820	0.40	728	72.8	800.8
雙陽	柳塘橋東一橋西	100	0.80	14.0	1,120	0.40	448	44.8	492.8
震澤	底定橋東一思范橋	800	1.00	12.0	9,600	0.40	3,840	384.0	4,224.0
南溇	醫院前一西柵	950	0.90	12.0	10,260	0.40	4,104	410.4	4,514.4
	又風水墩東一西	30	0.50	20.0	300	0.40	120	12.0	132.0
舊館	繭廠一顏惠閣	400	1.00	13.0	5,200	0.40	2,080	208.0	2,288.0
共計							12,020	1,202.0	13,222.0

尚有附帶整理者,爲蘇嘉運河平望段,此段河道,約長七百公尺,由北大橋至九華寺,在去年最低水位時,河深約爲0.8m至1.2m,水面寬約爲12m至22m,(見圖2)係湖溇平運河之出口,北至吳江,蘇州,南至滬垣及嘉興等處,(見圖1)實爲水上交通之關鍵!在蘇嘉運河,整理計劃,未實施以前,本段應先事連帶整理,依據上項準則,使其終年深度在1.6m以上,寬度在12m以上,則應浚深度爲0.8m,寬度爲12m,故土方數=0.80m×12m×700m=6,720公方,單價以每公方四角計,則共須工費洋2,688元,再加辦公費一成,爲268.8元,則合共須洋2,956.8元;設蘇嘉運河,整理計劃,近年內實施,則本段附帶疏浚工程,即可減省。總之,湖溇平運河,疏浚各段,及此附帶疏浚工程,兩種工費共計亦不過16,178.8元,則航行阻礙即除,來日雖遇大旱,船舶亦無擱淺之慮,申湖,蘇湖,嘉湖各航綫,往復航運,即可通行無阻,各航綫出平望以後,現行河道,大都敷用,尤以平望至申航綫,水道更爲深闊。(蓋去年大旱時,申來最大船隻,仍可



江蘇省
浙江省
太湖
①
②
運河平望段平面略圖
平望鎮
③
運河梅堰段平面略圖
梅堰鎮
④
運河雙陽段平面略圖
雙陽鎮
⑤
運河震澤段平面略圖
震澤鎮
⑥
運河南潯段平面略圖
南潯鎮
⑦

達平望九華寺故也。見圖(1—2)上述各項工費估計,不過約略數目,至精確數字,尚待日後施以工程測量後,始能決定也。

二、積極整理　積極整理者,乃因有充分經費可籌,而作澈底整理,以發展水上交通是也。現以此段河道,交通之繁榮,將來發展,更屬難以限量,論者固當作澈底整理之圖,但目前浙省水利經費,籌措困難,一時恐未能實現,且浙江水利局,對於此段河道之河床測量,尚未完成;水文資料,尚未充分,即對於本段河道,整理計劃,疏浚之土方及工費,亦難得精確之估計;惟竊以此段運河,各項情形,多與蘇嘉運河大同小異,河道長度,約各為七十公里,普通寬度,河深,比降等,均無不有略同之現象;且整理工程,亦僅河底疏浚一項,故本段水道,澈底整理計劃,須與蘇嘉運河一致,使其河道終年水深,在三公尺以上,上面寬終年在三十二公尺以上,則本段運河,通以人工疏浚,應挖去土3,690,000立方公尺,(見水利月刊第七卷第四期載,蘇嘉運河整理計劃估計之土方。)單價以每公方二角計,即應須工費洋738,000元再加辦公費一成,為73,800元,則合共須洋811,800元,此種工費估計數目,雖不準確,然其差額,亦不致甚大,至精確之工費估計。尚待浙江水利局,全段基本測量完成後,始克有定也。

(丙)結論

本段運河,其交通重要情形,既如上述,勢不能不急作整理之圖,而整理辦法,設採用第二計劃,澈底整理,目前經費難籌,自難舉辦,唯有擇第一計劃,作局部之整理,簡而易行,現通用機器疏浚,合計工費僅一萬六千一百七十餘元,整理之後,即吃水1.5m,寬6.0m之船隻,亦可終年通行無阻,並可助洪流之宣洩,與減輕水患;惟此辦法,究非根本之圖,水上交通不能有充分之發展,如將來經費可籌,當須從事於第二計劃,作全部之整理,約共須工費洋八十一萬餘元,整理之後,即九百噸之船隻,亦可並列而過,則將來水運發展,必更趨猛烈,洪流宣洩。必更暢也。

再者,此段運河,位於江浙兩省,施工方面,最好由雙方分担經費,合組工程處辦理之。如是,今欲完成第一計劃,作局部之疏浚,實易如反掌;即欲辦理第二計劃,作根本之整理,亦更非難事也。

★ 風行念載之讀物 ★

婦女旬刊

提倡家庭教育
發展女子技能

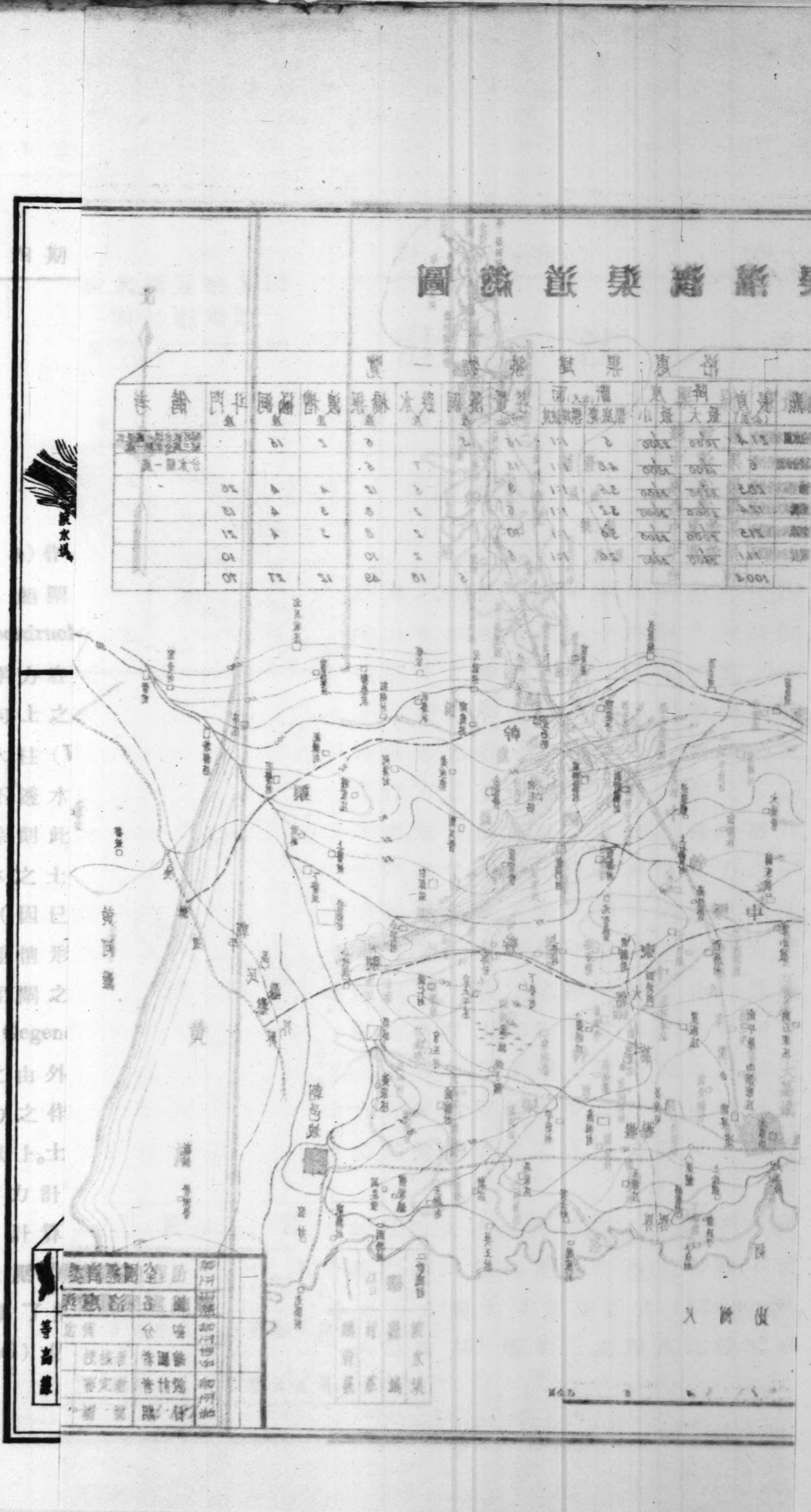
每期大洋五分 全年連郵二元
上海代理福州路生活書店

津浦月刊

第五卷第三期要目預告

以銀行促成鐵路進展的建議……………………高鳳介
構框論中之定點法……………………胡升鴻
軌狀記錄機……………………嵇 銓
津浦鐵路材料化驗室現狀述異……………………金允文
鐵道中英詞彙……………………高鳳介
從一九二七年到一九三三年各國鐵路經濟之收支比較……張 侗
鐵道運輸原論……………………賢 德

定價 每册三角 半年一元六角 全年三元
編輯兼發行 津浦鐵路編查課



(Überdruck

底浮力

下向上之

之水柱(W

密不透水

土等則此

透水之土

苛。(圖已

此種情形

于組閣之

力(Gegen

驗之由外

受力之作

倍以上。土

水壓力計

列土壤

精確

winkel)

再者,此段運河,位於江浙兩省,施工方面,最好由雙方分担經費,今組工程處辦理之。如是,今欲完成第一計劃,作局部之疏浚,實易如反掌;即欲辦理第二計劃,作根本之整理,亦更非難事也。

★ 風行念載之讀物 ★

婦女旬刊

提倡家庭教育
發展女子技能

每期大洋五分 全年連郵二元

上海代理福州路生活書店

津浦月刊

第五卷第三期要目預告

以銀行促成鐵路進展的建議……高鳳介
構框論中之定點法……胡升鴻
軌狀記錄機……嵇銓
津浦鐵路材料化驗室現狀述異……金允文
鐵道中英詞彙……高鳳介
從一九二七年到一九三三年各國鐵路經濟之收支比較……張侗
鐵道運輸原論……賢德

定價 每册三角 半年一元六角 全年三元

編輯兼發行 津浦鐵路編查課

洛惠渠灌溉



洛惠

渠別	起迄地點	長度(公里)	降度 最大
總幹渠	老狀頭進水口至義井分水閘	21.4	1/1000
中幹渠	義井分水閘至長家莊分水閘	6	1/1500
東幹渠	[illegible]	28.3	1/2500
西幹渠	[illegible]	12.4	1/2000
中東幹渠	[illegible]	21.5	1/2000
中西幹渠	[illegible]	11.1	1/2500
合計		100.6	

圖例

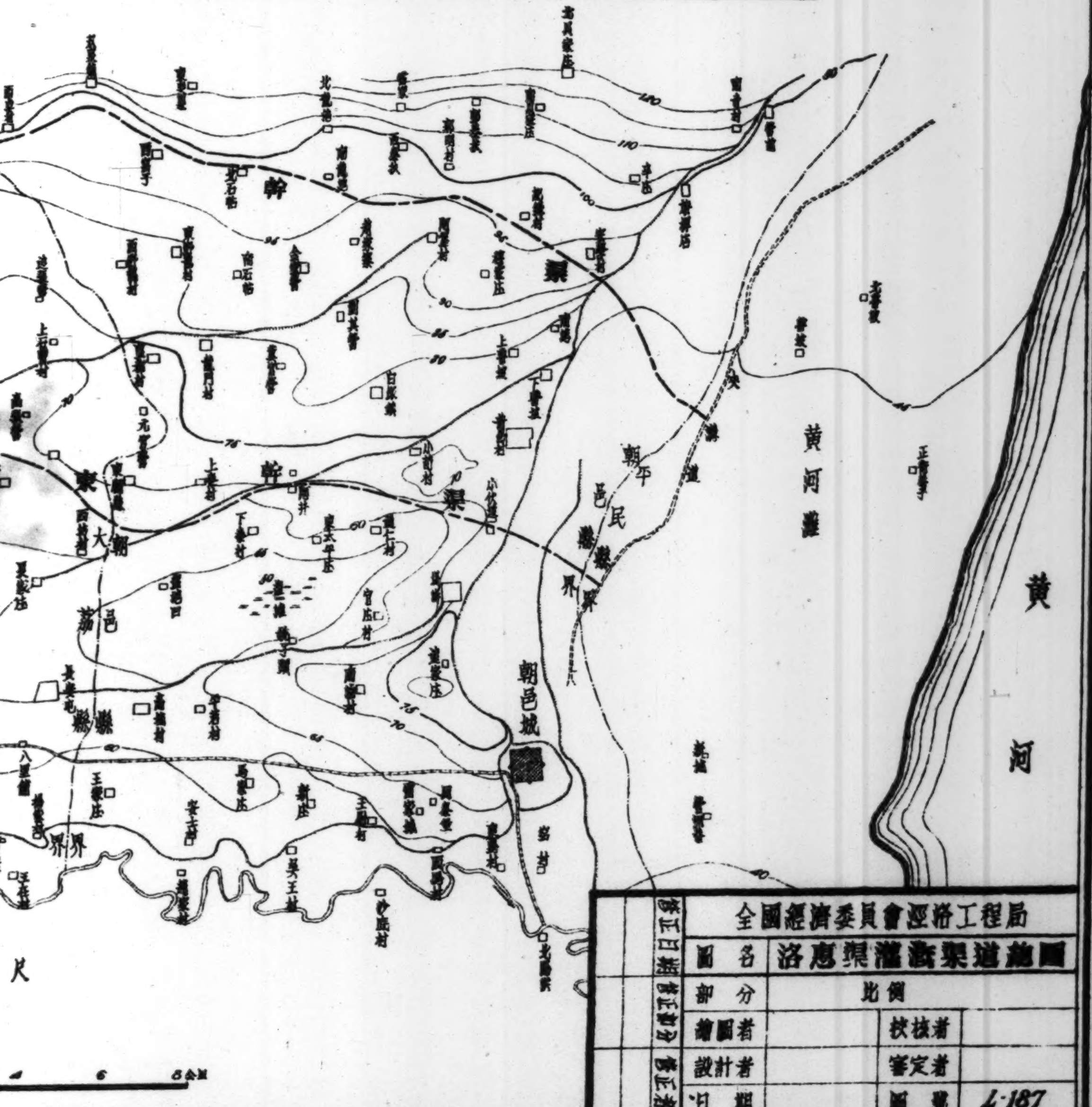
滾水壩	縣城	村莊	總幹渠	幹渠	隧洞	涵洞	渡槽	進水口	洩水渠	汽車道	縣界	河渠	黃河	岸	鐵路	等高線

溉渠道總圖



洛惠渠建築物一覽

降度		斷(公尺)面		容量	隧洞	跌水	橋梁	渡槽	涵洞	斗門	備考
最大	最小	渠底寬	渠岸坡度	m³/sec.	座	座	座	座	座	座	
1/1000	1/2500	5	1:1	15	5		6	2	15		[illegible]
1/1500	1/1500	4.8	1:1	15		7	6				分水閘一座
1/2500	1/2500	3.5	1:1	9		5	12	4	4	26	
1/2000	1/2000	3.2	1:1	6		2	8	3	4	13	
1/2000	1/2500	3.5	1:1	10		2	8	3	4	21	
1/2500	1/2500	2.0	1:1	5		2	10			10	
					5	18	49	12	27	70	



修正日期	全國經濟委員會涇洛工程局			
修正部分	圖名	洛惠渠灌溉渠道總圖		
	部分		比例	
	繪圖者		校核者	
	設計者		審定者	
修正者	日期		圖號	L-187

船閘之計算法

方修斯原著

汪駿驤譯　　余家洵校

a)作用于船閘之力

船閘可視為水槽式物體而計算之。彼常受有不平衡壓力之作用(Überdruck)船閘所受之不平衡壓力或由外向內,或由內向外,同時閘底浮力在計算上亦佔重要地位。船閘下之浮力即彼作用于閘底之由下向上之垂直水壓力,其力之大小于靜力學上言之與高出彼受力點之水柱(Wassersäule)壓力相等。于地基透水處(如沙礫等),而船閘之密不透水者其所受之浮力,為此項浮力之全部;然使地基為黏土或壤土等則此項浮力減小,甚且可至于零。惟此情形甚少存在。又基地雖為透水之土壤,而閘底亦透水者,則船閘所受之浮力僅為此項浮力之一部。(因已浸入閘廂之水,其流去者較諸由地底流入者為迅速,是以于此種情形船閘仍受有相當之浮力)。于一般情形下浮力之減小影響于船閘之內張力甚微,蓋以上述情形下所減小之浮力可由基地反應力(Gegendruck des Unterbodens)代替之也。然于船閘牆則反是,彼作用于牆之由外向內之水壓力含有重大意義。作用于牆者僅土壓力時,牆所受力之作用尚甚微,一旦有水壓力存乎其間,牆所受之壓力可增至兩倍以上。土壤由粗粒之質所組成者,船閘牆所受之水壓力應以全部之水壓力計算之。

計算船閘時應確切了解土壓力之大小及性質。吾人不欲于此詳列土壓力之公式,與其為甲公式較乙公式精細百分之幾之爭執,不若精確了解土壤之性質之為愈也。如吾人將土壤之安置角(Böschungswinkel)估計錯誤(例如將28°估計為33°等事),則雖用比較精細

下列土壓力表乃假定牆面爲光滑垂直而土壓力爲水平者

$$E_a' = \frac{1}{2}\gamma_e h^2 tg^2(45° \mp \frac{\xi}{2}) = \gamma_e tg^2(45° \mp \frac{\xi}{2}) w$$

土壤類別	γ_e t/m³	安置角 ξ	$tg^2(45°-\frac{\xi}{2})$	$tg^2(45°-\frac{\xi}{2})$	$E_a = \gamma_e tg^2(45°-\frac{\xi}{2}) w = u_a w$	$E_p = \gamma_e tg^2(45°+\frac{\xi}{2}) w = u_p w$	約數 E_a	約數 E_p	附註
乾土壤	1.4	40°	0.22	4.60	0.31	6.4	$\frac{1}{3}$	6	表中所選之 ξ，其值爲吾人經驗中所知之 ξ 值之最小者，所以選 ξ 之最小值者，因如是可得 E_a 之最大值，E_p 之最小值。
濕土壤	1.65	30°	0.33	3.00	0.53	5.0	$\frac{1}{2}$	5	
乾黏土	1.6	40°	0.22	4.60	0.35	7.3	$\frac{1}{3}$	7	
濕黏土	2.0	20°	0.49	2.04	0.98	4.08	1	4	
乾沙	1.6	31°	0.32	3.12	0.51	5.0	$\frac{1}{2}$	5	
潤濕之沙	1.8	40°	0.22	4.60	0.4	8.3	$\frac{2}{5}$	8	
濕沙	2.1	29°	0.35	2.88	0.74	6.0	$\frac{3}{4}$	6	
濕礫石	1.86	25°	0.41	2.46	0.76	4.6	$\frac{3}{4}$	4.5	
沙之浸于水中者，（表中所列之土壓力爲沙之重量減去浮力後之土壓力，又水壓力未計于內）	2.1—1 =1.1	25°	0.41	2.46	0.45	2.7	$\frac{1}{2}$	2.5	

百分之幾之公式又何補于事實哉?茲值得介紹者有前列之表,此表乃用 Coulomb 氏計算土壓力公式作成者也。此表于後列情形始能適用:(1)地面水平,(2)牆面近乎垂直。由 Coulomb 公式求得之 Aktiver Erddruck (自動土壓力),其爲正確已由 Müller-Breslau 所作之試驗證實。至于 Passiver Erddruck (受動土壓力)則由著者之試驗證明之。著者由試驗而求得之 Passiver Erddruck (受動土壓力),較諸前列表中者爲大。然 Passiver Erddruck (受動土壓力)乃牆壁被推動而生之土壤反抗力。但船閘之牆不得移動,固然Coulomb 所求得之值不免較小但不能確定其小幾何,是以仍以用 Coulomb 氏之計算法爲宜。

此間所應注意者,如土壤具有粗大之孔隙如粗粒沙及礫石等,則水壓力與土壓力應分別計算;細砂及含黏性之土壤則反是,後者空隙處所含之水,因摩擦力之故與土壤連爲一氣,而與土壤具同樣之動作,換言之,自然滑落面(Gleitfläche)上之土壤向下滑落時,土壤中所含之水亦作同樣之動作。此類情形下水所作用於擋土牆者,僅彼向下滑落之土壤中所含之水之重量而已。水所作用於擋土牆之方式與土壤同,於具粗大之孔隙之土壤處則不然,水作用於擋土牆之力一如僅單獨存在時之情形,計算土壓力時應於土之重量中減去浮力,而水之作用。則單獨計算。

如上表所列此分別計算之水壓力與土壓力之和較諸含水沙土之壓力爲大。其差別合乎事理。蓋後者水由其自身之滑落線(即水平的)單獨滑動,而前者則在一傾斜之滑落綫(Gleitlinie)與土共同滑動也。

計算船閘之方法,先求其外力(Äussere Kräfte)。由此外力以求其內張力。所謂外力者即水壓力,土壓力,閘身重量,船閘灌水後之水重。欲求各外力之大小乃易事也,閘底浮力及地基反應力之大小亦易求得惟欲求地基反應力分佈形態實一難題。

b)基地反應力分佈之形態(Die Form des Bodengegendruckes)

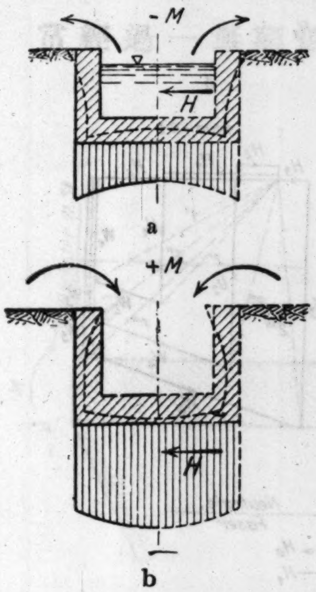
欲求船閘基地反應力分佈形態頗爲困難,而其力之大小則易得知,蓋以由下向上之力必與由上向下之力相等故也。船閘基地反應力爲閘身重量(Gewicht von Schleusenkörper)及水重減去浮力之差。又因由內向外之力必與由外向內之水平力相等之故,吾人可求得閘底(Schleusensohle)所受之壓力。其力之大小爲閘牆外之土壓力及水力之和。閘廂中灌有水時,則閘底所受之壓力較小,蓋以閘廂內水壓力與一部由外向內之壓力相消故也。

令由上向下之垂直力之和爲 G_o 浮力爲A,則基地反應力 $G_u = G_o - A$ G_o 除包括閘身重量外,閘廂中之水重及土壓力之垂直分力亦計於內。此項垂直力之大小與船閘之沉降有關。凡船閘於灌水時皆沉降,於放水時又上升。其升降之程度甚微,於事實上無損。然因其升降之故,而土壓力之垂直分力之方向亦異。船閘於灌水時下降,其垂直分力向上壓;放水時船閘上升,土壓力之垂直分力向下壓。例沙及礫石組成之地基可作彈性物體觀,有如橡皮然,惟其彈性較小耳。又假令 $E_a + W_a$ 爲由外向內之水平土壓力及水壓力, W_i 爲由內向外之水壓力,則彼作用於閘底之水平壓力H爲 $H = E_a + W_a - W_i$。計算船閘之目標在於求得閘身中之壓力綫(Drucklinie),尤爲重要者爲H於船閘中線(Schleusenachse)處之位置高度。

基地反應力之大小與閘底之彎曲有密切關係。基地反應力之成因,乃由於基地土壤之緊壓。閘身因外力之故彎曲過甚時,則基地反應力分佈形態亦具彎曲形。例如閘底之兩端向下彎曲時,閘底兩端較中央壓入地基較深,基地反應力因而於閘底兩端較大,於中央較小。閘底彎曲形狀與上述者相反時,基地反應力分佈情形亦相反。

茲將彼作用于船閘底之水平壓力以H表之。H之位置與閘底之彎曲形態有關。參考第一圖。

由上所述因而得知,因閘底彎曲之故而影響於後列二者:(1)基地反應力分布狀態,(2)H對於閘底中和線(Neutrale Faser)之位置高度,換



第一圖
船閘之彎曲及其基地反應力之分佈形態

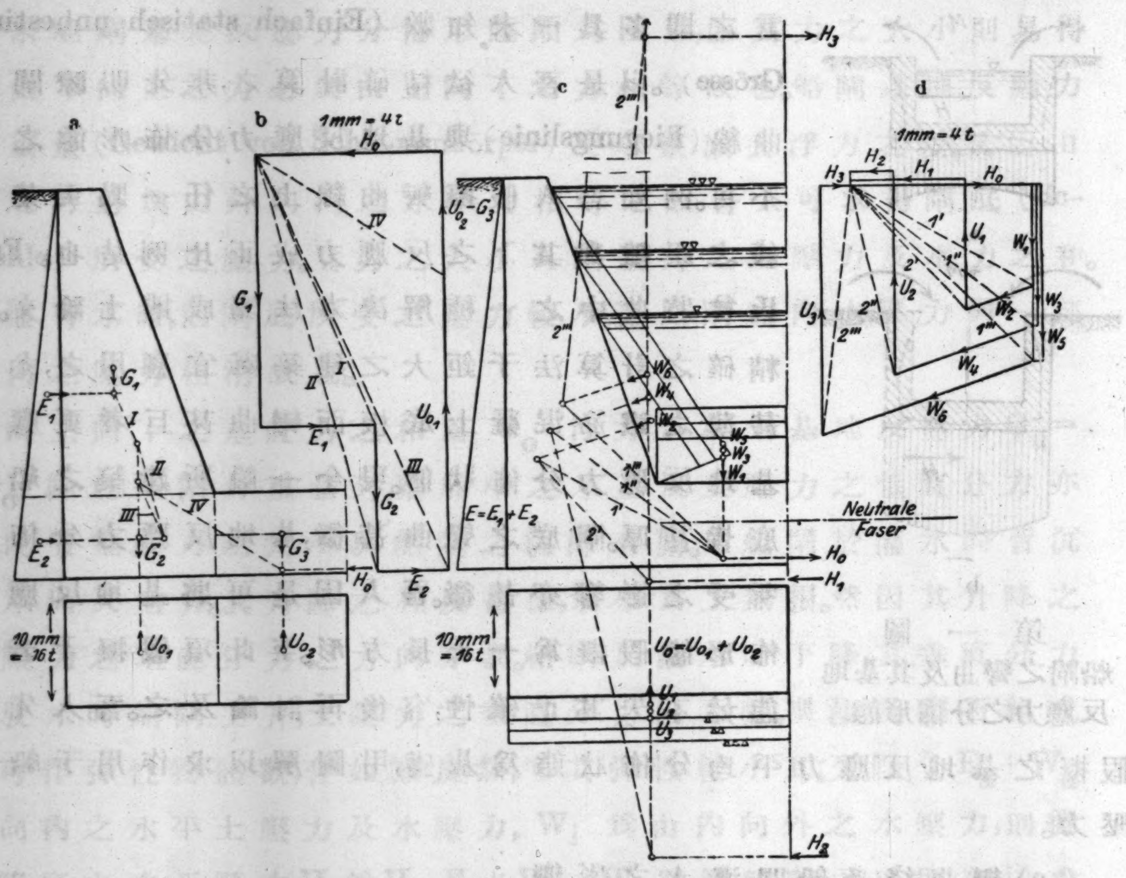
言之即多具一未知數 (Einfach statisch unbestimmte Grösse)。以是吾人欲精確計算之,非先明瞭閘底彎曲線(Biegungslinie)與基地反應力分佈形態之關係不可。例如吾人假擬彎曲線上之任一點至某水平綫之距離與其下之反應力成正比例是也。Freund氏曾將此中之一種解決方法寫成博士論文。此項精確之計算法于鉅大之建築處宜應用之,尤以用甚薄之鐵筋混凝土底板而彎曲甚巨者更應顧及基地反應力分佈狀態。現今一般所建築之船閘,閘底皆甚厚。閘底之彎曲甚微,基地反應力分佈形態所受之影響亦甚微。吾人因是可將基地反應力分佈形態假擬為一正長方形。至此項假擬于若何狀態始不失其正確性,容後再討論及之。吾人先暫以假擬之基地反應力平均分佈狀態為基礎,用圖解以求作用于船閘之壓力。

c) 彎曲綫受船閘灌水之影響

吾人將其分為兩種形態而計算之。(1) 閘廂中無水,(2) 船閘灌水,其水位又分三種高度。

第二圖中所假擬之情形為船閘灌滿水時,由內向外之水力大於彼閘牆外由外向內之壓力,於閘內水滿時,H之方向與以前相反。

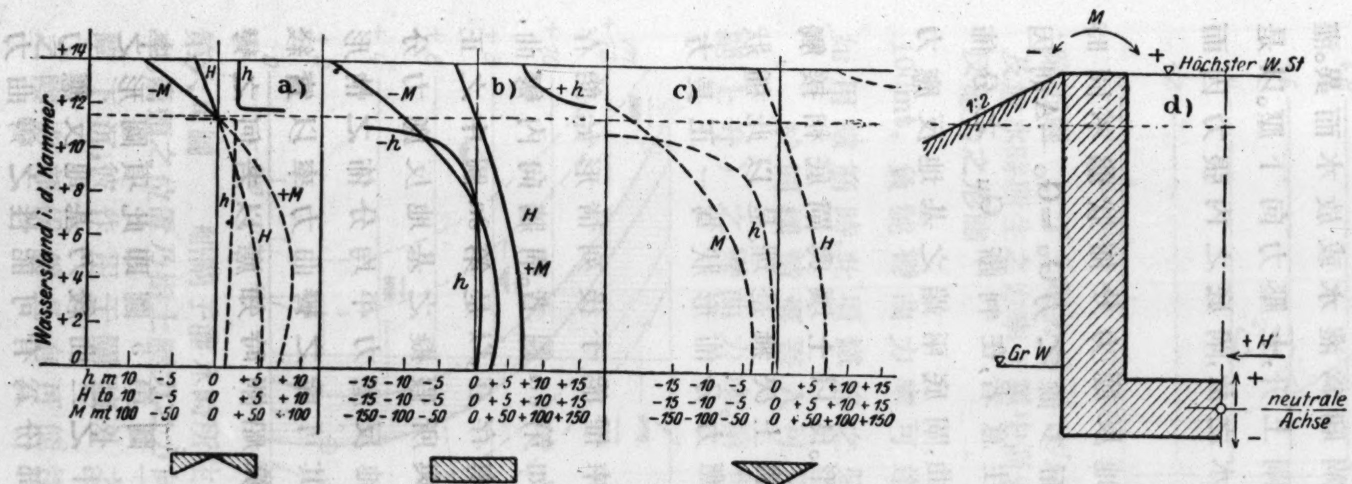
此項圖解乃用簡單方法繪之,蓋以吾人於此所欲求者僅H之位置而已(第二圖)。第二圖中a及b乃船閘無水時之圖解。H_0之位置在閘底中和綫下,第二圖中c及d乃船閘灌水時之情形。於考究三種水位時所作之圖解中,除因水之作用而新生之力外,並將前所求得之H_0繪入,以求H_1及H_2之大小及其位置。船閘灌水時,H之值逐漸減小,而其位置則迭下降(參考第2c及d圖中之H_1及H_2)。船閘灌滿水時由內向外之水力已大於由外向內之壓力,此時H_3為負



第二圖 船閘灌水時H位置之變動

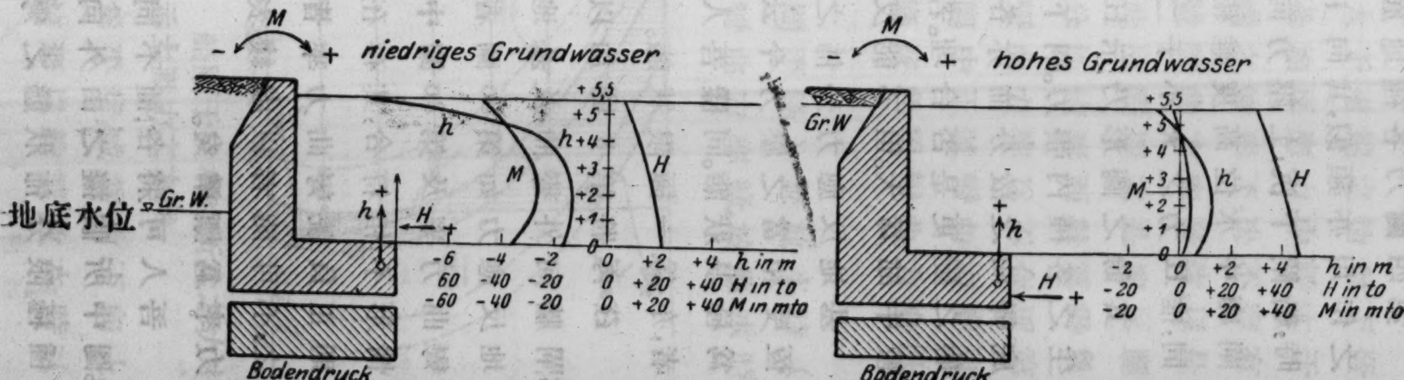
數，2' 與 U_1 之交點及 2" 與 U_2 之交點在閘底之下方，而 2''' 與 U_3 之交點則在閘底之上方。如船閘中之水位高度恰使 $H=O$，則 2 為一垂直綫，於無窮遠始與 U 相交，換言之此時 H 位于無窮遠而其彎曲力率 $M=O\infty$ 乃一固定之値。H_o，H_1，H_2 之値皆為正，而其所屬之 h 則為負。H_3 之値為負，而 h_3 之値為正。以是于上述四種情形下其彎曲力率俱為負數。吾人如將閘廂中各種水位高度所產生之彎曲力率求出之，並作為圖解，則 $H=O$ 時之彎曲力率甚易求得矣。上述各情形中，H 之移動如後，船閘逐漸灌水時，H 之位置逐漸減低于 $H=E_a+W_a-W_i$ 幾等于零時，H 位于無窮遠之處如船閘再加水時，H 之位置由無窮遠處由此邊達于彼邊。而變為負號力。船閘如再增水，H 之位置又逐漸由上而下移

向閘底之中和綫。此處所應注意者,當H由正號變爲負號時,H之位置常經過一無窮遠處。



第三圖　H,h以及力率M隨壓力分佈形態及閘廂中水位高度而異

H位置之移動不常如是之有規律。閘身中壓力綫之變動常有合人注意者,其H之移動亦非如前所述。例如第3a圖中H于船閘灌水時逐漸下降,在未等于零前H之位置已由閘底中和綫之一邊轉入他邊而達于無窮遠。于再灌水時又回復至原來之一邊,H之變動情形吾人最好將其繪爲圖表。並將H,h及M.之大小於同一圖中繪出。如第三圖然h正負號之區別如後:



第四圖　圖示于高低兩種地底水位下,船閘逐漸灌水時,H,h及M之變動情形

H位于O線以上者h爲正,由外向內之力,大於由內向外之力時,h之符號亦爲正,此外使閘牆向內彎之彎曲力率亦爲正。

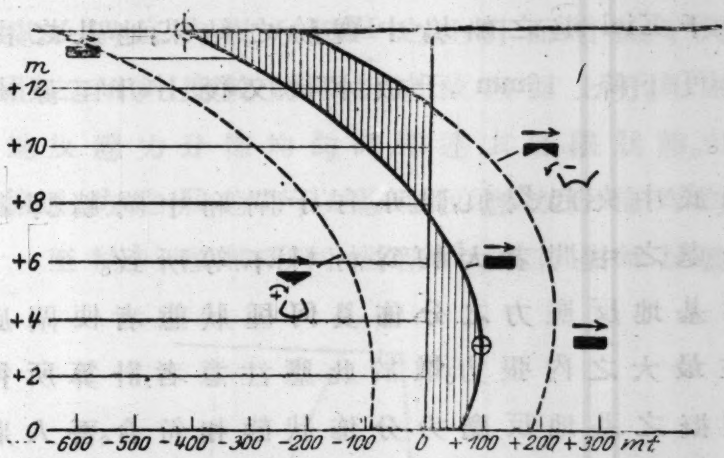
第四圖乃各種地底水位高度之作用,又閘牆外傾斜不一之土壓力之作用亦類似,其向上或向下壓當視船閘廂爲灌水或放水而異。灌水時,船閘下沉,土壓力向上壓;于放水時,船閘上升,土壓力向下壓。以是船閘廂中水位高度雖相等,然因灌水或放水之故,閘底之內張力因而不同,惟H力之大小于二種情形則相等。

其餘之圖形乃示H位置之變更及基地反應力分佈狀態不同時所生之各種內張力。閘下之浮力分佈均勻而多餘之力$G_u = G_o - A$則因閘底彎曲之故分佈亦各異。此處吾人所應注意者,在判斷 G_u 之分佈形態之變更是否合理。若閘底兩端向下彎曲,閘底兩端之基地反應力應較中部爲大。但不能反言之。

基地反應力分佈之極限狀態爲三角形。良以土壤與閘底相接觸處恆受相當之壓力,今云某點無反應力,事實上決無是理。是以此種狀態爲極限狀態。同樣吾人所假擬之基地反應力分佈形狀爲一正長方形者,亦爲一極限狀態。

茲再將第3圖加以研究。負號彎曲力率惟能于後列情形始能存在;閘牆向外彎曲,及基地反應力之分佈有如第3a圖者。閘牆向內彎曲,基地反應力如第3c圖者決無負號彎曲力率存在。以是第3a圖中之正號彎曲力率及第3c圖中之負號彎曲力率與所假擬之基地反應力分佈情形不相符合,其存在爲不可能。惟于基地反應力平均分佈之情形下則正負號彎曲力率皆可發生。第3圖中其可能之彎曲力率以實綫表之,不可能者以虛綫表之。如是吾人於計算船閘時知應以若何之彎曲力率爲標準矣。

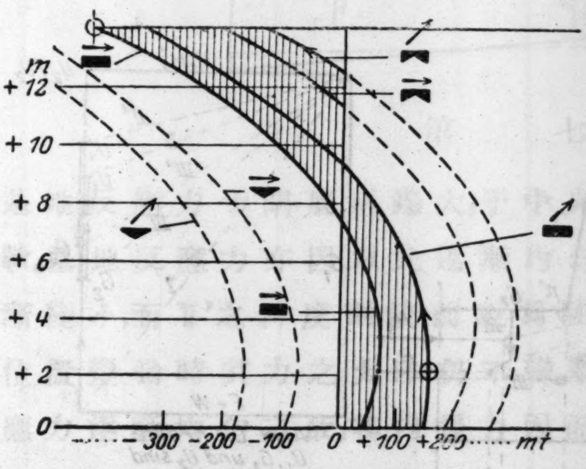
吾人可將各種不同之彎曲力率繪爲一圖。第5圖即此項圖形之一。圖中所假擬之由外向內之力爲水平。圖中之三曲綫乃基地反應力三種極限分佈狀態之彎曲力率綫。其陰影部份爲有可能性之彎曲力



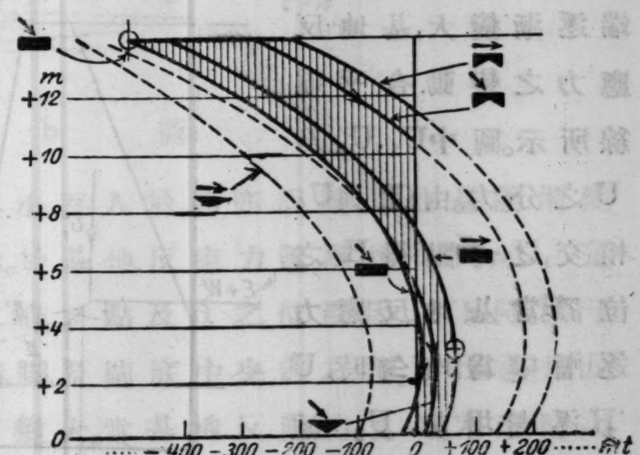
第五圖　于土壓力為水平力之假擬下，船閘灌水及放水時所生之力率，圖中箭頭下之黑塊乃示基地反應力之形態

率。正號彎曲力率惟能於基地反應力平均分佈之情狀,及基地反應力中部大于兩端之情形下發生。基地反應力中部大于兩端之情形下,決不容有負號彎曲力率發生,以是由此項假擬之基地反應力分佈情形而計算得負號彎曲力率為不合理。第5圖中正號彎曲力率可達100mt,負號彎曲力率可達負420mt,閘底即應按此項彎曲力率計算,如用鐵筋時,此項鐵筋之裝置即應按此計算。

於同樣情形吾人可以計算灌水時（船閘下降）及放水時（船閘上升）之彎曲力率。第6a及b圖即此項彎曲力率綫。於灌水時船



第六a圖　船閘于灌水時所生之力率,箭頭之位置乃指土壓力之方向。



第六b圖　船閘于放水時所生之力率箭頭之位置乃示土壓力之方向

閘下沉,彼作用于閘牆外之土壓力之方向或為平行,或為由下向上。圖之陰影部份為具有可能性之彎曲力率。同樣情形以繪製放水時（船

閘上升)之彎曲力率。著者于 Kiel 處之船塢中實驗之結果,地基之由沙子組成者,於灌水時船閘可下降 10mm,于放水後又復上升至原處

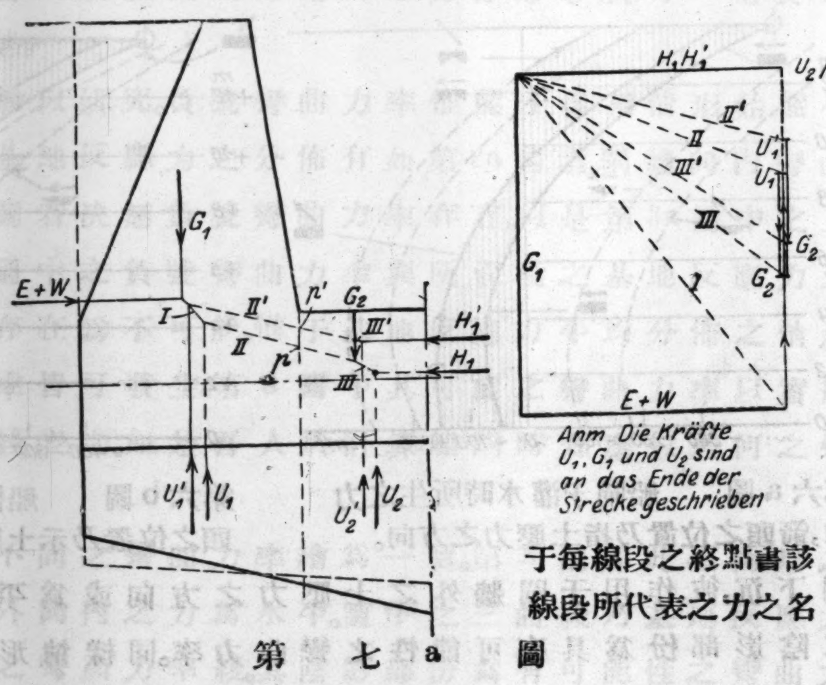
d) 最大之閘底內張力。

閘底之毀壞大都因閘底中央起裂痕,間亦有于閘廂中閘牆脚處起裂痕者。裂痕之起於此二處之中間者大約爲材料不等所致。

現在應加以考察者,爲基地反應力之分佈具何種狀態者使閘底中央及兩端之牆脚處發生最大之內張力。惟於此應注意者,計算所得之閘底彎曲形狀應與所假擬之基地反應力分佈狀態相符合。吾人將其分爲三種情形加以探究。(a) 壓力綫全在中和綫上,(b) 壓力綫全在中和線下,(c) 壓力線於閘底中央在中和綫下,於兩端在中和線上,即閘底受兩次彎曲。

將此三者用圖解法以計算之。(a) 類情形下,閘底僅能兩端向上彎曲。以是其基地反應力於中央較大。船閘之土壤假擬原爲堅硬之黏土,因水浸入之故逐漸變軟,而失去其抵抗性,終于近乎水之性質。

因土軟之故船閘向下沉降,基地反應力于中央逐漸變小,同時兩端逐漸變大,基地反應力之變動合乎虛線所示。圖中U_1,U_2乃U之分力。由Ⅱ與U_2相交之一點得H之位置。當基地反應力逐漸變爲均勻時,U_1逐漸增加,U_2減小。而Ⅱ之傾斜度逐漸平坦,H之位置因以上升。因H在零線上,其力之大小始終

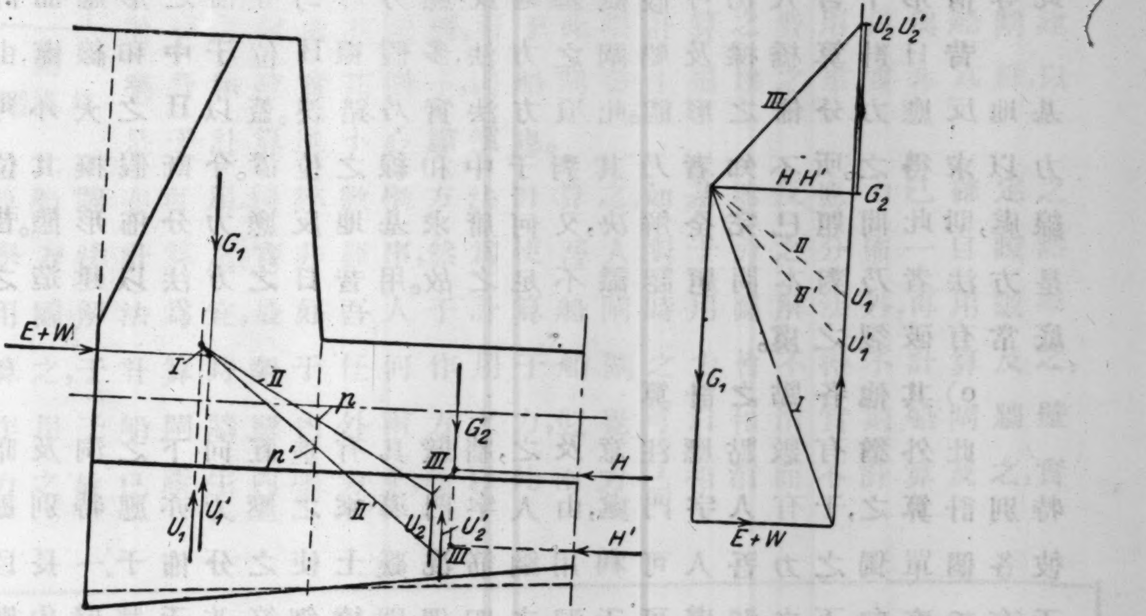


于每線段之終點書該線段所代表之力之名

第七a圖

不變,故閘底內張力因H之上升而增長,II'與牆脚垂直綫相交點p亦因II'之傾斜度較前平坦之故因而上升。此處之內張力亦以是增加。至基地反應力分佈均勻時,即達其極限狀態。由此得一結論曰:H位於中和線上方之狀態下,以基地反應力分佈均勻時,閘底之內張力爲最大。

至於b)類情形可視第7b圖。其基地反應力分佈情形與a)適相反。



第七b圖

基地反應力于閘底兩端大,于中央小。吾人於此亦假擬其地基逐漸變軟。基地反應力亦因以此逐漸均勻。於基地反應力逐漸均勻時,U_1逐漸變小,而II'之斜度則較前更爲陡峭。p點及H之位置因以下降。H于位置變動時其力之大小仍不變。牆脚及閘底中央處之斷面因基地反應力逐漸均勻之故,其內張力因而變大。當基地反應力具正方形時,H達其最遠之處

由上二者得知閘底向一方彎曲時,以基地反應力均勻分佈之狀態下閘底之內張力爲最大。於普通情形,因閘底頗厚之故,彎曲甚微。閘底兩端及中央之基地反應力相差亦甚微。以是吾人假擬基地反應力

分佈均勻而求得之結果與事實頗近似,同時復求得閘底之最大內張力。

于 c) 之情狀下其計算法當非如是簡單。閘底中央之內張力以基地反應力均勻分佈之狀態下爲最大。但其牆脚處斷面之內張力以反應力非均勻分佈者爲較大。然閘底具適當之厚度者。彎曲甚微,以是於此等情形下吾人仍可假擬基地反應力均勻分佈之形態而計算之。

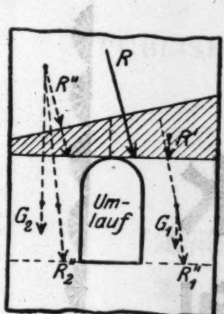
昔日計算橋樑及船閘之方法,多假擬 H 位于中和線處,由此以求基地反應力分佈之形態。此項方法實乃錯誤。蓋以 H 之大小可由各外力以求得之。所不知者乃其對于中和線之位置。今既假擬其位于中和線處,則此問題已完全解決,又何庸求基地反應力分佈形態。昔日用如是方法者乃對本問題認識不足之故。用昔日之方法以建造之船閘,閘底常有破裂之虞。

e) 其他各點之計算

此外猶有數點應注意及之,牆壁具有垂直向下之洞及暗溝處應特別計算之,于有人字門處,由人字門導來之壓力亦應特別顧慮及之,彼各個單獨之力吾人可利用鋼筋混凝土使之分佈于一長段之牆壁,于有垂直向下之洞處可于洞之四週圍繞鋼筋,並于牆壁內順佈鋼筋使之增強,而使其所受之力由一長段之牆壁分受之也。

如船閘牆脚有縱椿板而使閘底分爲三長條者,計算時甚爲困難;彼先築造之船閘牆壁應單獨計算之,閘底亦應單獨計算之,如在船閘建築時將地底水位降低而于乾涸中建築之,則于船閘灌水後擋土牆位置將有變動,其所生之作用頗難明瞭,吾人惟能藉種種試算以求與事實相近。

牆壁下部具有大暗溝者可用後述之簡單方法計算之(第8圖)吾人先計算通過暗溝頂點橫斷面以上之牆,然後繪其內張力圖,其形于一般狀態爲梯形,吾人於暗溝頂點處將此梯形分爲兩部,而以其合力 R' R'' 代之,又此左右兩方之牆壁吾人假擬其爲自爲一體之牆而



第八圖
牆壁之有暗溝其力之探討

計算之,此項計算法與事實稍有出入,事實上暗溝四週之牆壁成一框框,然用此計算法甚爲簡便,且由此計算得者較爲安全。

如此項建築費甚鉅而所假擬者又不敢斷其爲十分正確,則吾人于計算時,凡可想像出之假擬皆宜一一計算之以求其正確,用于此項計算之費用以與船閘建築費相較實甚微小,因船閘發生損壞之事實非寡鮮,以是于計算應小心謹愼也。

計算船閘亦可用純粹數學方法計算之,如基地反應力已確定之後用數學方法計算之實非難事,然爲使吾人對于力之分佈一目瞭然計,仍以用圖解法爲宜,最好吾人于計算船閘時用圖解法外,再用數學方法核算之,于計算時對于任何作用于船閘之力皆不得不計算及之,例如彼作用于船閘牆壁內外兩方之力,似覺可以相消實則船閘牆壁因此兩力之故已產生內張力矣,如以此兩力已相消而不計算及之,實誤矣。

贈送工振報告

前國民政府救濟水災委員會辦理江漢淮運工賑規模之宏大爲近世所罕覯該會工振處業將辦理經過輯成報告書一册厚一英寸又四分之一內容有民國二十年大水探因工程設計施工方法工程單價等爲研究水利工程者不可不備之參考書現由本會出版委員會代爲分送凡本會會員及定閱本會水利月刊之定戶一律贈送一册即請將詳細通信處示知並附寄郵票二角三分以作寄費空函不覆

中國水利工程學會出版委員會啟

水利月刊合訂本

研究水利不可不備之參考書

金字洋裝自一卷至七卷合訂六厚册

定價大洋二十一元正郵費不加

南京梅園新村卅號 中國水利工程學會出版委員會啓

HYDRAULIC ENGINEERING

中國水利工程學會印行

PUBLISHED MONTHLY BY THE HYDRAULIC ENGINEERING SOCIETY OF CHINA

30 Plum Garden, Nanking, China

本 刊 定 價 表

定報處	南京梅園新村三十號中國水利工程學會出版委員會
零　售	每册二角　　合訂本每册四角
精裝本	每卷三元
預　定	半年六册連郵費一元二角　全年十二册連郵費二元四角 國外全年起定連郵費三元六角
舊　報	補購二卷至七卷各册均按定價加倍一卷售罄

本刊廣告刊例

地位／等次	特等（底封面之後面）	優等（封面內面及對面）	上等（圖畫前）	普通（正文前後）
全頁	四十元	二十四元	二十元	十六元
半頁		十三元	十一元	九元

(一)特等廣告四色彩印由本會代爲繪圖不另取費
(二)除特等廣告外其餘均用白紙印月刊正文之本色
(三)如用色紙或其他彩印價目另議
(四)繪圖製版工價另議長期不更換者祇取一次費
(五)長期廣告取費從廉
(六)廣告費先收後登

Advertisement rates

POSITION	Rate per insertion	
	FullPage	HalfPage
Outside Back Cover	$ 40.00 Mex	—
Inside Front Cover	24.00 ,,	—
Opposite Inside F't Cover	24.00 ,,	13.00
Opposite Pictorial Page	20.00 ,,	11.00
Ordinary Position	16.00 ,,	9.00

1 Long term insertions are subject to the following rates of discount.
   Full Year (12 insertions) 20 %
   Half Year (6 insertions) 10 %
2. For the outside back cover four colors are allowed with copies and blocks supplied free.
3. For other positions only one color is allowed and blocks are charged according to current price.
4. Special quality of paper may be supplied with additional charges..
5. Payment shall be made before every insertion.